



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

VEGETACIÓN RIBEREÑA DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON
EL SISTEMA AGUA-SUELO EN EL PARQUE NACIONAL
IZTACCÍHUATL-POPOCATÉPETL Y SU ZONA DE INFLUENCIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

PRESENTA:

NATHALY AYALA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. GERARDO CRUZ FLORES

ASESOR:

DR. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ



PROYECTO PAPIME PE215016

CIUDAD DE MÉXICO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por haber sido mi segundo hogar durante mi formación profesional y por permitirme ser parte de la comunidad de la mejor universidad de México.

Al Dr. Gerardo Cruz Flores por aceptarme en su equipo de trabajo en el Laboratorio de Edafología y Nutrición Vegetal, porque sin escatimar apoyo alguno siempre me brindó sus conocimientos, su confianza, su tiempo y sus consejos para el desarrollo y culminación de este trabajo. Por ser una persona a la que admiro y respeto, y que además considero un gran amigo.

A mi asesor el Dr. Carlos Castillejos Cruz por todas sus enseñanzas y por confiar en mí para la elaboración de este trabajo. Por su atención, disposición y tiempo empeñado para mejorarlo. También le agradezco su apoyo invaluable y todas las peripecias que vivimos en las colectas en campo.

Con cariño especial agradezco a la M. en C. María Magdalena Ayala Hernández quien desde el primer momento me brindó su gentil amistad y que de manera incondicional y profesional me apoyo en la determinación de ejemplares botánicos. Gracias maestra por sus aportes a mi trabajo y por motivarme a culminarlo.

A la Dra. Ana María Soriano Martínez porque sin conocerme dedicó su tiempo y apoyo para determinar parte de los ejemplares botánicos de este trabajo.

Al M. en C. Juan Manuel Valderrábano Gómez por brindarme sus conocimientos en sistemas de información geográfica y ayudarme en la elaboración del mapa de sitios. Gracias por su amistad y por hacer tan amena mi estancia en el laboratorio.

A mis sinodales el M. en C. Germán Calva Vásquez y la Dra. Eloisa Adriana Guerra Hernández por el tiempo invertido en la revisión de este trabajo y por sus observaciones para mejorarlo.

A la Dirección General de Asuntos de Personal Académico por su apoyo al proyecto PAPIIME PE215016 para la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de llegar a este momento.

A mis padres Ana y Basilio. Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no es el único legado del cual me siento muy agradecida, mis padres me han permitido trazar mi camino, me han dado su apoyo en mi formación académica y todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, todo ello de una manera desinteresada y llena de amor. Ellos son mis pilares de vida, este logro también es suyo. Gracias mamá y papá.

A mis hermanos Karen, Elizabeth y Gerardo por llenarme de alegrías, por apoyarme en momentos difíciles y por el amor que me brindan cada día. Los quiero mucho, cada uno me ha enseñado cosas diferentes a pesar de ser menores que yo.

A mis tíos Lore y Humberto, a quienes quiero y admiro, este logro es en parte gracias a ustedes y a su apoyo incondicional en todos los aspectos, agradezco de corazón la confianza que depositan en mí especialmente cuando más los necesito. Gracias por sus consejos y por motivarme a ser una mejor persona.

A la Familia López por su afecto, apoyo e interés en mi persona. Gracias por los momentos tan agradables que compartimos cada vez que nos reunimos.

A mi amiga Dany porque desde la preparatoria ha sido como mi cuarta hermana, gracias por tu peculiar manera de alentarme para concluir la tesis, por escucharme, apoyarme y brindarme tu leal amistad.

A las bonitas amistades que encontré a lo largo de la carrera: Lili, Eli, Moni y Carmi gracias por permitirme entrar en sus vidas y por compartir tantas alegrías y aventuras en los salones de clase y las salidas a campo.

No quería concluir esta dedicatoria sin hacer partícipe de este logro a mi amiga Aranza, con quien viví momentos únicos en las salidas a campo a lo largo de este proyecto. Gracias por abrirme las puertas de tu corazón y de tu hogar, por escucharme y apoyarme incondicionalmente. Te quiero Rufina.

ÍNDICE

	Página
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1 Ecosistemas ribereños de montaña	7
3.1.1 Funciones ecológicas	9
3.2 Vegetación ribereña	11
3.2.1 El papel de la vegetación en los ecosistemas ribereños	13
4. JUSTIFICACIÓN	16
5. OBJETIVOS	17
5.1 General	17
5.2 Particulares	17
6. HIPÓTESIS	17
7. ZONA DE ESTUDIO	18
7.1 Ubicación	18
7.2 Suelo	19
7.3 Clima	20
7.4 Hidrología	21
7.5 Vegetación	21
8. MÉTODOS	23
8.1 Delimitación del área de estudio y selección de los sitios de muestreo	23
8.2 Trabajo de campo	25
8.3 Muestreo	25
8.3.1 Suelo	25
8.3.2 Agua	26
8.3.3 Vegetación	27
8.4 Trabajo de laboratorio	28
8.5 Análisis de similitud	29

9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
9.1	COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SIMILITUD FLORÍSTICA ENTRE SITIOS	32
9.2	DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	35
9.2.1	Sitio 1: La Ranita	35
9.2.2	Sitio 2: Buenavista	40
9.2.3	Sitio 3: Santiago Xalitzintla	46
9.2.4	Sitio 4: San Nicolás de los Ranchos	50
10.	CONCLUSIONES	54
11.	BIBLIOGRAFÍA	55
12.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Cuenca hidrográfica.	5
2. Los diferentes tipos de ecosistemas ribereños a lo largo de una cuenca hidrográfica.	6
3. Representación general del ecosistema ribereño.	8
4. Zonificación de las formas de vida de las plantas.	12
5. El Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl.	18
6. Localización de los sitios de muestreo.	24
7. Muestreo en campo.	25
8. Esquema de muestreo: suelo, agua y vegetación.	26
9. Determinación de propiedades de agua.	27
10. Muestreo de vegetación.	27
11. Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio.	28
12. Determinación de especies.	29
13. Fórmula matemática del índice de Jaccard.	29
14. Índice de similitud de los sitios de estudio.	33
15. Sitio de estudio "La Ranita".	35
16. Río de la "Ranita" y su profundidad.	36
17. Especies de la "Ranita".	38
18. Sitio de estudios "Buenavista".	40

19. Río de "Buenavista" y su profundidad.	41
20. Especies de "Buenavista".	44
21. Sitio de estudio "Santiago Xalitzintla".	46
22. Río de "Santiago Xalitzintla" y su profundidad.	47
23. Especies de "Santiago Xalitzintla".	49
24. Sitio de estudio "San Nicolás de los Ranchos".	50
25. Río de "San Nicolás de los Ranchos" y su profundidad.	51
26. Especies de "San Nicolás de los Ranchos".	53

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Funciones ecológicas de los ecosistemas ribereños y los principales servicios ecosistémicos asociados.	10
2. Comunidades vegetales y especies dominantes del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.	21
3. Uso de suelo y vegetación en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.	22
4. Coordenadas y altitud de los sitios de muestreo.	23
5. Propiedades y métodos utilizados para el análisis físico y químico de muestras de suelo.	28
6. Descripción de los sitios de estudio y propiedades físicas y químicas del suelo y agua.	30
7. Número de familias, géneros y especies de los sitios de estudio.	32
8. Listado de especies de "La Ranita".	37
9. Listado de especies de "Buenavista".	42
10. Listado de especies de " Santiago Xalitzintla".	48
11. Listado de especies de " San Nicolás de los Ranchos".	52

1. RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca del Río Apol, ubicada en la cuenca alta del Río Balsas en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, con el fin de identificar la composición florística de cuatro ecosistemas ribereños situados en diferentes altitudes entre los 2 400 y 4 000 m, con distintos usos de suelo para realizar un listado de especies y obtener la similitud entre sitios; determinar y analizar conjuntamente los parámetros físicos y químicos del suelo y agua con las características ambientales, además de complementar una serie de diferentes estudios realizados en la misma zona.

En cada sitio ribereño se realizó una descripción ecológica, se observó la estructura y tipo de vegetación, así como las formas de vida dominante (arbórea, arbustiva y herbácea). Se delimitaron transectos de 30 m de largo en los que se colectaron y fotografiaron especies vegetales y se tomaron seis muestras de suelo a uno y cinco metros en cada lado del arroyo. Asimismo, se tomaron muestras de agua, se realizó el aforo y velocidad de la corriente y se estableció el perfil batimétrico. En el laboratorio se identificaron las plantas hasta nivel de especie y se elaboró una base de datos considerando la presencia-ausencia de las especies para obtener el índice de Jaccard con el programa Past versión 3.26. También se determinaron algunas propiedades físicas y químicas de los suelos.

Se registraron un total de 98 especies vegetales pertenecientes a 79 géneros y 36 familias, de las cuales 85 son específicas para cada sitio siendo Asteraceae y Poaceae las familias más representativas en casi todos los sitios. Se encontró una especie dentro del polígono del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl que no está reportada en el listado florístico del mismo; y otras 52 especies, que, si bien no están dentro del Parque, se encuentran en su área de influencia. Existen diferencias entre las propiedades físicas y químicas del suelo y agua en los cuatro sitios ribereños relacionadas con la altitud y la degradación de estos ambientes. De acuerdo al índice de Jaccard obtenido, los sitios con mayor similitud florística fueron “La Ranita” y “Buenavista” que corresponden a los de mayor altitud y a los más conservados, estos a su vez son parecidos a “Santiago Xalitzintla” donde todavía se puede encontrar vegetación forestal. El sitio con menos similitud fue “San Nicolás de los Ranchos” correspondiente al sitio más bajo y el más perturbado por actividades antrópicas.

SUMARY

This research was carried out in the Apol River micro-basin, located in the upper Balsas River basin in the Iztaccíhuatl-Popocatépetl National Park, in order to identify the floristic composition of four riparian ecosystems located at different altitudes between 2 400 and 4 000 m, with different land uses to make a list of species and obtain the similarity between sites; jointly determine and analyze the physical and chemical parameters of the soil and water with the environmental characteristics, in addition to complementing a series of different studies carried out in the same area.

In each riparian site, an ecological description was made, the structure and type of vegetation were discovered, as well as the dominant life forms (arboreal, shrubby and herbaceous). Transects 30 m long were delimited in which plant species were collected and photographed and six soil samples were taken at one and five meters on each side of the stream. Likewise, water samples were taken, the capacity and speed of the current were carried out and the bathymetric profile was established. In the laboratory, the species were identified up to the species level and a database was created considering the presence-absence of the species to obtain the Jaccard index with the Past version 3.26 program. Some physical and chemical properties of the soils were also determined.

A total of 98 plant species belonging to 79 genera and 36 families were recorded, of which 85 are specific to each site, with Asteraceae and Poaceae being the most representative families in almost all sites. A species was found within the polygon of the Iztaccíhuatl-Popocatépetl National Park that is not reported in its floristic list; and another 52 species, which, although they are not within the Park, are found in its area of influence. There are differences between the physical and chemical properties of the soil and water in the four riparian sites related to the altitude and the degradation of these environments. According to the Jaccard index obtained, the sites with the greatest floristic similarity were "La Ranita" and "Buenavista" which correspond to those of higher altitude and the most preserved, these in turn are similar to "Santiago Xalitzintla" where you can still find forest vegetation. The site with the least similarity was "San Nicolás de los Ranchos" corresponding to the lowest site and the most disturbed by human activities.

2. INTRODUCCIÓN

En México se halla una diversidad vegetal excepcional producto de su situación geográfica y de la combinación de elementos boreales y meridionales. La variedad de climas y de condiciones fisiográficas favorecen la riqueza florística que han propiciado la diversificación de la flora que se distribuye en el país (Rzedowski, 1991). Un ejemplo de ello es la vegetación ribereña que es conocida por ser aquella que se establece inmediatamente adyacente a cursos o cuerpos de agua como ríos y lagos que es la transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos en sus diferentes estratos verticales, incluyendo herbáceas.

Los ecosistemas ribereños pueden categorizarse dentro de los más diversos, dinámicos y complejos hábitats presentes en la Tierra. Estos ecosistemas funcionan como complejas fuentes sustentadoras de biodiversidad, poseyendo límites, patrones sucesionales, disposiciones verticales en estratos y son además reservorios genéticos de las especies que los ocupan por el gran número de hábitats y microhábitats especiales, definidos por rasgos físicos (Granados *et al.*, 2006). También son conocidos como corredores biológicos ya que conectan ambientes que en ocasiones pueden estar aislados (Romero Soto *et al.*, 2014). Los paisajes que comprenden los ecosistemas ribereños son capaces de proveer múltiples servicios ecosistémicos como la regulación hidrológica, la dinámica de los sedimentos y nutrimentos y la provisión de hábitat y alimento para diversas especies.

La degradación de los ambientes ribereños es causada principalmente por actividades antrópicas que implican cambios en la hidrología, geomorfología y la vegetación. Entre estas actividades destacan el inapropiado manejo forestal, la urbanización y la modificación de espacios para la recreación. La remoción total o parcial de las plantas nativas y la introducción de especies es otra causa importante en deterioro de la vegetación ribereña que ocasiona problemas como la erosión y la alteración de las condiciones del ambiente.

A pesar de conocer la importancia y los beneficios que provienen de la vegetación de los ecosistemas ribereños, el conocimiento de la vegetación relacionada a cuerpos de agua en México es fragmentario y en áreas como el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl son pocas las investigaciones o aún no se estudian. Por ello, los estudios de caracterización e identificación son una herramienta que nos permite planificar para poder conservar y restaurar ambientes, así como conocer relaciones biogeográficas, pues cualquier flora es la representación de los grupos de plantas que se encuentran en un área determinada (McLaughlin, 1994; Suárez-Mota *et al.*, 2013) que, puede ser referida a distintas escalas: local, regional o nacional.

Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo fue conocer la distribución de la vegetación ribereña a lo largo de un sistema fluvial de régimen permanente en función de la altitud y de las propiedades físicas y químicas del suelo y agua de la microcuenca del Río Apol, para contribuir al conocimiento florístico y ambiental de los ecosistemas ribereños en la región del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y su zona de influencia.

3. MARCO TEÓRICO

Las cuencas hidrográficas son unidades territoriales estructuradas con una variada heterogeneidad ambiental, se distinguen de otros rasgos característicos de la superficie terrestre ya que poseen identidad por contar con una frontera topográfica (parteaguas), -desde donde escurre el agua que se precipita en el suelo y se drena a un cause común que puede ser un río, lago, embalse, estuario, humedal, el mar o el océano (Soria, 2018), - que a su vez las delimita de otras cuencas (Figura 1) con base en la descripción y el análisis de los diversos elementos físicos y bióticos que conforman su estructura espacial y funcional (Cloter, 2010).

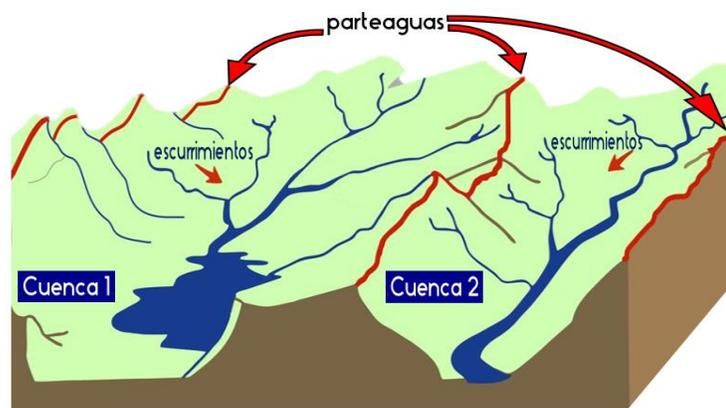


Figura 1. Cuenca hidrográfica
Modificado a partir de (Serrudo, 2019).

Las cuencas hidrográficas están definidas por el relieve terrestre conformando un sistema complejo, diverso y dinámico en el cual se producen interacciones entre los elementos que la conforman, que permiten el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, en ellas se sitúan los ecosistemas ribereños que destacan por su belleza natural y atributos que realzan su diversidad biológica: límites, patrones sucesionales, disposición vertical en estratos y microhábitats especiales definidos por rasgos físicos (Granados-Sánchez, Hernández-García, & López-Ríos, 2006). Estos ecosistemas son fundamentales en el funcionamiento y dinámica de la cuenca, por lo general son ambientes angostos que se ubican a ambos lados de las corrientes de ríos en la parte alta de la cuenca, sin embargo, en zonas más bajas incluyen sistemas fluviales como bancos aluviales, llanuras de inundación y humedales en los cuales se presentan condiciones biofísicas y procesos ecológicos en donde se realiza el transporte, reciclamiento y la absorción de nutrientes que favorece el desarrollo de la vegetación ribereña a causa de su proximidad e interacción con el río (NRC, 2002; Cruz, 2017).

A lo largo de diferentes gradientes altitudinales de una cuenca, se encuentran variedad de ambientes ribereños (Figura 2) donde se establecen plantas que se han adaptado a condiciones climáticas como variaciones de temperatura, humedad, e intensidad luminosa, factores que determinan su distribución, abundancia y densidad (Castillejos, 2017). Por otro lado, la dinámica de inundaciones es un proceso clave en los ecosistemas ribereños ya que distribuye el agua y determina el flujo de materia y energía lo que influye en la estructura de las comunidades vegetales tanto acuáticas como terrestres asociadas en el tiempo y en el espacio a lo largo de los márgenes de los ríos y arroyos (Ceccon, 2003; Möller, 2011; Meli, 2014).

La vegetación ribereña también estabiliza los márgenes de los ríos disminuyendo la erosión de los suelos, mejora la calidad del agua, retiene la escorrentía y los sedimentos procedentes de la cuenca, proporciona alimento y refugio a la vida silvestre, mejora la percepción del paisaje y ofrece espacios de valor recreativo (Möller, 2011; Lot *et al.*, 2012; Meli, 2014). De esta manera, la vegetación constituye uno de los factores físicos de los ecosistemas ribereños y, por tanto de las cuencas hidrográficas que tienen incidencia en el régimen hidrológico de las aguas superficiales (Gutierrez, 2009).

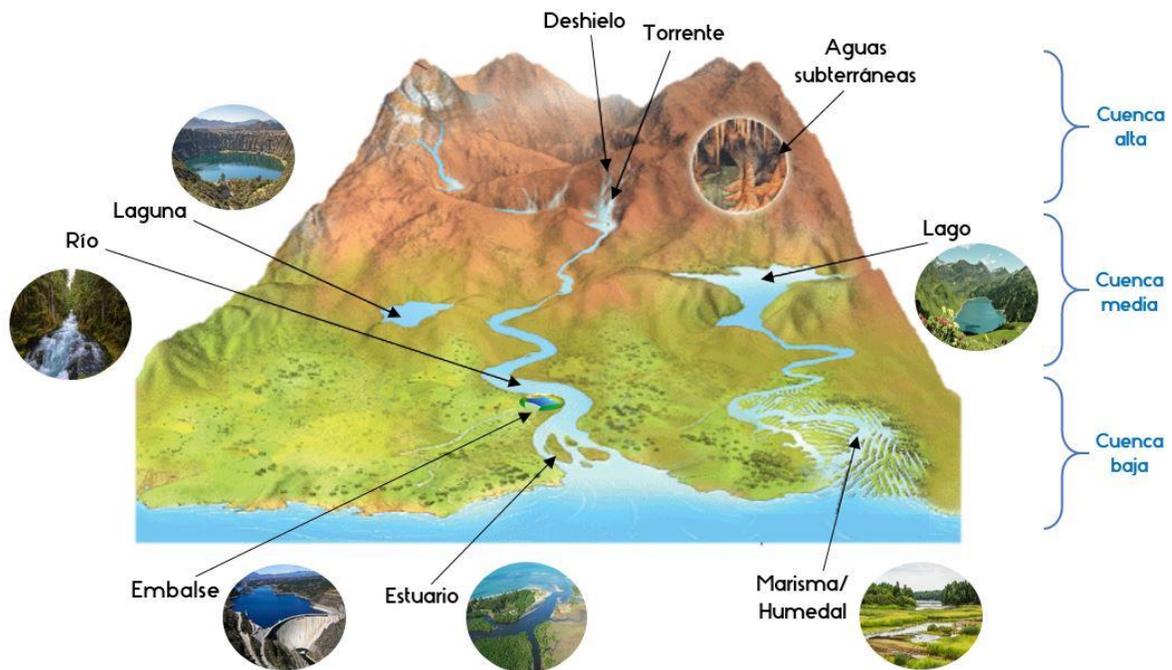


Figura 2. Los diferentes tipos de ecosistemas ribereños a lo largo de una cuenca hidrográfica. Modificado a partir de: <https://www.esuelapedia.com/aguas-continentales/>.

3.1 Ecosistemas ribereños de montaña

La palabra ribereño procede del anglicismo *riparian* que a su vez proviene de *riparius*, de origen latino, que significa “lo que pertenece a la orilla o ribera de un río”. El término ribereño en general remplace al latino y normalmente describe las comunidades bióticas que viven sobre los bordes de arroyos y lagos. Por tanto, *ribereño* se ha usado como adjetivo y *ripario* (*a*) como un nombre singular o plural, para describir los ensamblajes bióticos de las zonas de transición suelo-agua, asociadas con los sistemas acuáticos (Naiman *et al.*, 2005; Becerra, 2013). Existen diferentes enfoques del significado del término “ribereño” (*riparian* o *riparia*), no obstante, la mayoría de las definiciones científicas comparten características comunes, que incluyen escala, hidrología, fauna, flora y, algunas veces, tipo de suelo (NRC, 2002).

La NRC (2002) define a las áreas ribereñas como zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos que se distinguen por gradientes en las condiciones biofísicas, ecológicas, de procesos y de la biota. Estas son áreas a través de las cuales la hidrología superficial y subsuperficial conecta los cuerpos de agua con sus zonas adyacentes. Esto incluye aquellas porciones de los ecosistemas terrestres que influyen significativamente en el intercambio de materia y energía con los ecosistemas acuáticos o una zona de influencia. Las zonas ribereñas están adyacentes a corrientes de agua efímera, intermitente y perenne, lagos y líneas costeras estuarino-marinas. Aunque las áreas ribereñas comprenden parte de los humedales en un escenario paisajístico típico, y también incluyen porciones acuáticas y de tierras altas (Naiman *et al.*, 2005).

Estos ecosistemas se caracterizan de manera general por: (1) la presencia temporal o permanente de gradientes de saturación de agua debido a su variación en la topografía, geología e hidrodinámica; (2) el desarrollo de procesos biofísicos dirigidos por la saturación de agua; (3) el intercambio permanente entre ambientes superficiales y subterráneos que controlan los flujos de energía y materia; y (4) la existencia de comunidades bióticas estructuradas u organizadas en tiempo y espacio a lo largo de gradientes longitudinales, laterales y verticales (Meli, 2014). Además, estos ecosistemas representan hábitats diversos, dinámicos y complejos, ya que son la interface entre los sistemas terrestres y los acuáticos (ecotono), por lo que abarcan comunidades y procesos ecológicos que mantienen la conectividad del paisaje a lo largo de diferentes gradientes ambientales (Gregory *et al.*, 1991; NRC, 2002; Vázquez *et al.*, 2015)(Figura 3).

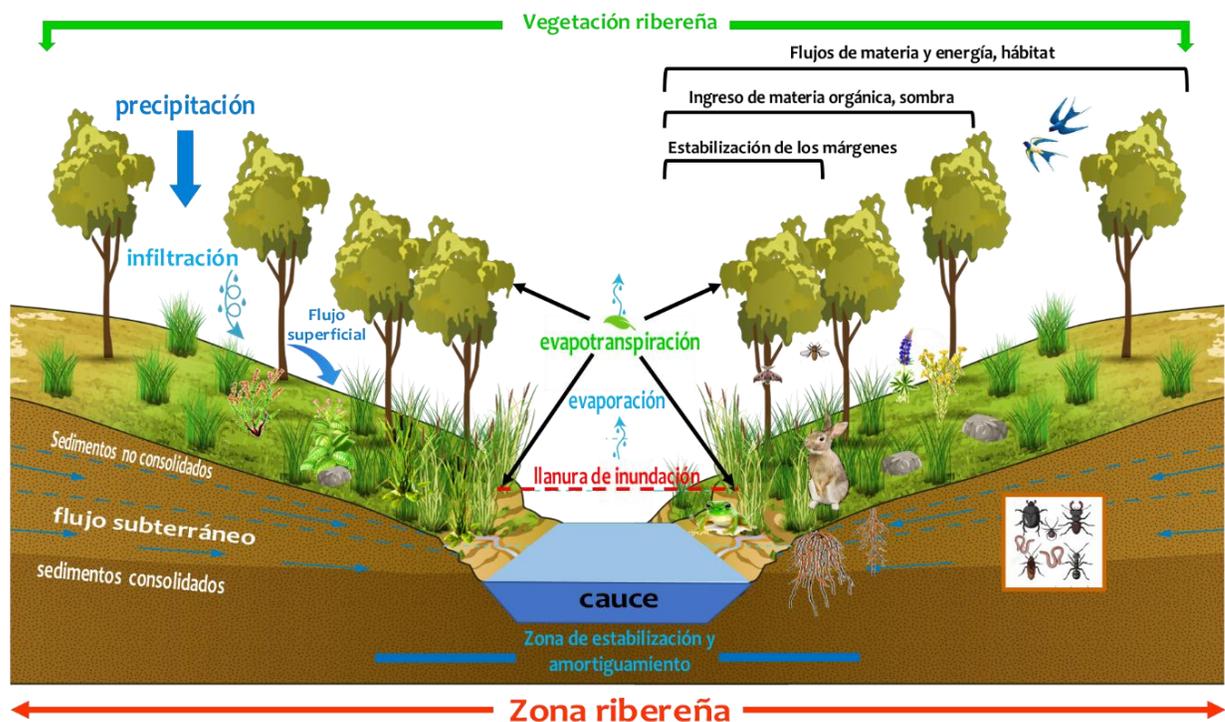


Figura 3. Representación general del ecosistema ribereño.
Modificado a partir de: <https://www.pngegg.com/en/png-ysxxg>.

En los estudios sobre zonas ribereñas algunas veces resulta complicado delimitar su extensión espacial en relación con el ecosistema terrestre, ya que su heterogeneidad física está asociada con una variedad de plantas, el tipo de sus estrategias regenerativas, así como los patrones de sucesión. Sin embargo, estas zonas pueden considerarse como una estrecha franja ubicada en el borde inmediato de riachuelos, ríos, lagos, embalses, humedales y planicies de inundación, estas zonas incluyen el canal del río y la porción más alta del cauce donde se alcanza el nivel máximo del río, por lo tanto, la posición y tamaño del río en la red hídrica, el régimen hidrológico y la geomorfología local tienen influencia en la formación de comunidades especializadas tanto acuáticas como terrestres de biota que a su vez afectan la diversidad de atributos funcionales del mismo río (Naiman *et al.*, 2005; Möller, 2011; Mendoza-Cariño *et al.*, 2014; Vázquez *et al.*, 2015). Así, los ecosistemas ribereños tienen muchos atributos que realzan su diversidad biológica: límites, patrones sucesionales, disposición vertical en estratos y microhábitats especiales definidos por rasgos físicos (Granados-Sánchez *et al.*, 2006).

3.1.1 Funciones ecológicas

Los ecosistemas ribereños constituyen enclaves de extraordinaria riqueza desde el punto de vista ambiental, con atributos físicos y químicos específicos, propiedades bióticas, procesos de flujo de materia y energía, e interacciones únicas entre los sistemas ecológicos adyacentes, como consecuencia de los numerosos procesos ecológicos que acogen, y de las funciones y servicios ambientales que proporcionan. Por consiguiente, estos ecosistemas son aprovechados constantemente por el hombre, que ha encontrado históricamente en estos espacios condiciones favorables para el desarrollo de usos y actividades agropecuarias, forestales, y urbanísticas, que determinan actualmente, su fisonomía y su estado de conservación (Becerra, 2013; Magdaleno-Mas, 2013).

Algunas funciones y servicios de los ecosistemas, pueden ser agrupados de manera general en tres principales categorías interrelacionadas entre sí:

- **Regulación hidrológica y dinámica de sedimentos.** Incluyen el almacenamiento de agua superficial y sedimentos y la estabilidad de las orillas del cauce, lo que favorece la atenuación de los picos de flujo de agua y el desarrollo de la geomorfología fluvial y ribereña (Francis, 2006). Lo anterior mitiga los posibles daños por inundaciones, controla la erosión de la ribera y favorece el desarrollo del suelo y los ciclos biogeoquímicos. Asimismo, el mantenimiento de la dinámica hidrológica permite el desarrollo de vegetación la cual provee un hábitat natural para la fauna terrestre (Meli *et al.*, 2015). En consecuencia, los ecosistemas ribereños facilitan la conectividad hidrológica lateral y longitudinal, y mantienen la capacidad de almacenamiento y recarga del acuífero (Becerra, 2013).
- **Servicios de soporte biogeoquímico y relacionados con los ciclos de nutrientes.** Al ser ambientes ricos en biomasa de raíces y materia orgánica con una alta diversidad microbológica, la cual soporta una variedad de procesos biológicos que transforman los elementos químicos disueltos en el suelo. Los ecosistemas ribereños son conocidos por su capacidad de interceptar y retener el exceso de partículas y nutrientes disueltos en el agua. Esta capacidad se relaciona con una disminución de la velocidad de la escorrentía y la reducción en la erosión hídrica, facilita la remoción de nutrientes y sedimentos suspendidos y, ocasionalmente de compuestos tóxicos y pesticidas (NRC, 2002; Naiman & Décamps, 1997).

- **Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas.** Consiste en el ingreso de alimento y materias primas para especies vegetales y animales (Meli, 2015), así como la generación de hábitats terrestres y acuáticos, lo cual contribuye al aumento de la biodiversidad, a la formación de corredores de dispersión y movimiento que favorecen la conectividad entre paisajes (Vázquez *et al.*, 2015). La vegetación ribereña modifica las condiciones microclimáticas como la temperatura, la luz, la humedad y el viento, las cuales influyen en procesos ecológicos como el crecimiento de las plantas, la respiración del suelo, el ciclo de nutrientes y la selección de hábitat por parte de la fauna.

Todas estas funciones tienen efectos dentro y fuera del sitio donde suceden, y la mayoría de las veces pueden interpretarse como servicios ecosistémicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Funciones ecológicas de los ecosistemas ribereños y los principales servicios ecosistémicos asociados.

Funciones ecológicas	Efectos de las funciones	Servicios ecosistémicos
Dinámica hidrológica y de sedimentos		Dinámica hidrológica
Almacenaje de agua en el corto plazo	Atenuación de crecidas aguas abajo	Regulación de los impactos de eventos extremos
Acumulación y transporte de sedimentos	Mantenimiento de la forma del cauce	Prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo
Mantenimiento del nivel alto del agua	Mantenimiento de la estructura de la vegetación	Provisión de agua Calidad del agua Ciclos biogeoquímicos
Ciclos biogeoquímicos y de nutrientes		
Reciclaje y retención de compuestos químicos	Intercepción de nutrientes y elementos tóxicos en la escorrentía	Alimento y materias primas de origen vegetal y animal
Descomposición de hojarasca y detritos	Contribución a los procesos biogeoquímicos y las interacciones bióticas	Interacciones bióticas
Secuestro de carbono en el suelo	Retención de nutrientes y secuestro de CO ₂ de la atmósfera	Regulación del clima
Producción de carbono orgánico	Provisión y mantenimiento de cadenas tróficas terrestres y acuáticas	Provisión de hábitat terrestre y acuático
Contribución a la biodiversidad	Provisión de reservorios para la diversidad genética	Regulación de especies invasoras y plagas
Mantenimiento del hábitat y cadenas tróficas		
Mantenimiento de la vegetación ribereña	Provisión de sombra durante la época cálida y fijación de carbono	Cultural
Soporte de poblaciones de vertebrados terrestres	Permite migraciones diarias y anuales	Recreativo
Soporte de poblaciones de vertebrados acuáticos	Permite completar ciclos de vida de especies de peces migratorias	

Modificado a partir de (Meli *et al.*, 2015)

3.2 Vegetación ribereña

Se conoce como bosques de galería, bosques riparios o vegetación ribereña, a las comunidades vegetales que se desarrollan lado a lado de una fuente hídrica o sistema lótico, o bien, que se encuentran inmediatamente adyacentes a los arroyos o a lo largo de los bordes de corrientes de agua más o menos permanentes. Las zonas donde se encuentra esta vegetación se caracterizan por poseer especies y formas de vida que difieren de aquéllas de la vegetación circundante (Granados-Sánchez *et al.*, 2006; Gutierrez, 2009; Lot *et al.*, 2012).

Las zonas ribereñas designan áreas de transición, pero también de interacciones entre los medios terrestre y acuático por lo que estas zonas tienen características de ambos ecosistemas y su vegetación está en constante contacto con el agua. Como consecuencia de esta proximidad e interacción con los cuerpos de agua, la vegetación ribereña puede resistir diversas condiciones de estrés hídrico, (por ejemplo, frecuencia, magnitud y duración de caudal) así como frecuentes fluctuaciones de nutrientes (Granados-Sánchez *et al.*, 2006; Lot *et al.*, 2012; Meli, 2015; Soria Bances, 2018). Lo anterior se ve reflejado en la riqueza de plantas que varía espacial y temporalmente a lo largo de los márgenes de los ríos y arroyos (zonación longitudinal) y también transversal o lateral, esto, debido a que las plantas vasculares se distribuyen según sus formas de vida desde el cauce hacia tierra firme dependiendo de los diferentes procesos hidrogeomorfológicos. Por lo tanto, en los lugares más próximos al cauce se desarrollan especies adaptadas a ambientes con pocos nutrientes y luz elevada, mientras que, a elevaciones más altas, y a medida que el suelo se aleja del cauce, crecen especies de ciclo de vida más largo, frecuentemente arbustivas, tolerantes a la sombra y a las inundaciones. Por lo cual, esta condición fomenta la existencia de numerosas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten crecer y establecerse en ambientes con altos contenidos de energía y condiciones de inundación variables (Naiman & Décamps, 1997; Gregory *et al.*, 1991; Naiman *et al.*, 2005; Meli, 2014).

La clasificación de las plantas hidrófitas en los ecosistemas ribereños de acuerdo con su forma de vida, el grado de dependencia de la planta al medio acuático, y su capacidad adaptativa a su hábitat son:

- **Acuática.** Planta cuyo ciclo de vida ocurre en el agua o sobre un substrato que está al menos periódicamente anaerobio debido al exceso de agua, ya sea sumergida, emergiendo o flotando en la superficie. (Tiner, 1991; Mora, 2013; Bonilla-Barbosa, 2013).

- **Subacuática.** Organismo vegetal que lleva a cabo gran parte de su ciclo de vida dentro del agua y que generalmente está creciendo en los márgenes de los ambientes acuáticos, no sobrevive por periodos de tiempo largos en suelos completamente secos (Lot, 1986; Bonilla-Barbosa, 2007; Bonilla-Barbosa, 2013).
- **Tolerante.** Planta terrestre que puede desarrollarse bajo condiciones de alta humedad en el suelo o en inundación, pero que no pertenecen a la vegetación acuática (Lot, 1986; Bonilla-Barbosa, 2007; Bonilla-Barbosa, 2013).

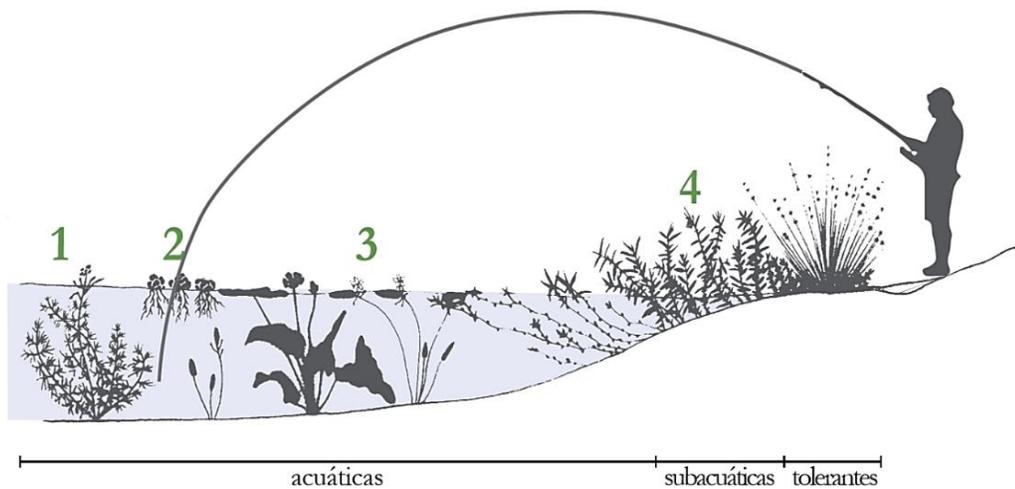


Figura 4. Zonificación de las formas de vida de las plantas acuáticas, subacuáticas y tolerantes. Tomado de (Lot *et al.*, 2015).

3.2.1 El papel de la vegetación en los ecosistemas ribereños

La vegetación es un componente clave de los ecosistemas ribereños que proporciona una gran cantidad de servicios ambientales y funciones de carácter múltiple que se pueden asociar en las siguientes categorías:

- **Morfodinámica fluvial.** Debido a su ubicación entre el agua superficial y subterránea ejerce cierto control sobre la geomorfología y los procesos fluviales, funcionando como una conexión física y biológica de importancia ecológica (Blanco- Garrido *et al.*, 2011; Cruz-Flores & Guerra-Hernández, 2017; Ochoa-Gaona *et al.*, 2018).

Magdaleno (2013) señala que la vegetación ribereña influye activamente en la regulación de la forma y dinámica de los ríos mediante dos mecanismos abióticos y dos de carácter biótico. Los primeros se refieren a la resistencia de la vegetación al flujo de agua y el efecto de los sistemas radiculares sobre la erosión potencial de los ecosistemas ribereños. Mientras que, los bióticos se relacionan con las estrategias reproductivas adoptadas por las plantas, y la naturaleza, magnitud y época de dispersión. Estos últimos mecanismos influyen en la distribución temporal y en la capacidad colonizadora de la vegetación.

- **Reducción de la erosión y estabilización del suelo.** En terrenos con pendiente, la vegetación tiene efectos significativos sobre muchos procesos geomorfológicos e influencia en prácticamente todos los procesos erosivos que se desarrollan en los ecosistemas ribereños. Ante la ausencia de la vegetación no hay caída de materia orgánica ni raíces desnudas; sin embargo, el incremento del dosel de la vegetación reduce la cantidad de agua que alcanza el suelo, pero aumenta la infiltración. La mayoría de las veces, el potencial erosivo del agua se reduce gracias a la cubierta vegetal del suelo debido a que este se satura con menor frecuencia (Magdaleno, 2013; Mendoza Cariño, 2014).

Aún en terrenos secos donde el agua superficial no se hace presente de manera continua, la vegetación tiene fuerte influencia en el flujo de los ecurrimientos que cruzan entre ellos, modificando el transporte de los sedimentos y de la materia orgánica. Además, la vegetación contribuye al proceso de recarga de agua subterránea, incrementando el tiempo de residencia de las aguas en los terrenos ribereños y favoreciendo que los suelos presenten las condiciones adecuadas para la infiltración de las aguas que fluyen a través del río (Magdaleno, 2013; Mendoza Cariño, 2014). Al controlar la erosión, también se ve favorecida la calidad de las aguas superficiales, las

cuales mantienen su luminosidad y temperatura lo que favorece el oxígeno disuelto que se encuentra en ella. También estabilizan las orillas y proporcionan detritos vegetales (madera y hojas) que al caer al río reducen la velocidad de la corriente, frenan las crecidas y crean zonas de condiciones favorables donde se alojan muchas especies animales (Gutierrez, 2009; Mendoza-Cariño, 2015; Vázquez *et al.*, 2015).

- **Regulación del microclima y de los flujos de materia y energía.** Modifica las condiciones microclimáticas del medio (temperatura, luz, humedad y velocidad del viento) que influyen en los procesos de la ecología fluvial tales como el crecimiento de las plantas, la respiración del suelo, los ciclos de nutrientes y la elección de hábitats faunísticos y florísticos. Por ejemplo, la vegetación ribereña que sombrea un cauce modula la cantidad de radiación solar que incide en el cuerpo de agua y al interior del dosel vegetal, esta radiación es determinada por aspectos como la altura de la vegetación, la densidad de la cubierta vegetal, la anchura del cauce y su orientación al sol. Lo anterior influye directamente en la producción primaria de plantas acuáticas y en la actividad de organismos que habitan en el cauce (Becerra Rodas, 2013; Magdaleno-Mas, 2013; Meli, 2014; Mendoza-Cariño *et al.*, 2014).

La vegetación ribereña es considerada como la base de la cadena alimenticia pues el material orgánico que proviene del mantillo (hojas y ramas caídas en descomposición) es transportado al cauce a partir de la vegetación marginal y constituye el suministro energético más importante sobre la producción autóctona de los ríos (Cecon, 2003; Granados-Sánchez, Hernández-García & López-Ríos, 2006). El efecto de sombreado que proporciona la vegetación también disminuye la temperatura del agua y con ello mejora su contenido de oxígeno disuelto lo que refleja buena calidad del agua.

- **Filtración de nutrientes, sedimentos y sustancias contaminantes.** Los ecosistemas ribereños tienen otro atributo que los hace importantes: con frecuencia son excepcionalmente fértiles y productivos, pues la vegetación que sustentan no solo es capaz de filtrar el agua, sino que también intercepta, retiene y filtra por mecanismos similares, los nutrientes que fluyen por los cauces como el nitrógeno, fósforo, calcio o magnesio. Este hecho es más evidente en el nitrógeno, ya sea por desnitrificación, asimilación, retención por la biota, o mineralización. Por ejemplo, las áreas ribereñas que yacen en planicies de inundación también demuestran ser ricas en nutrientes, a causa del depósito de sedimentos que dejan tras de sí las corrientes de agua que escapan de sus bancos (Granados-Sánchez, Hernández-García, & López-Ríos, 2006; Magdaleno-Mas, 2013).

Para el caso de los sedimentos en suspensión, y de los contaminantes ligados a ellos, la vegetación ribereña tiene una alta capacidad de remoción, por medio de variados procesos de erosión, sedimentación, infiltración y dilución. Esto se ve favorecido por el sistema radical de la vegetación que aumenta la rugosidad de la superficie, la posición de las áreas ribereñas en el terreno y por procesos geomorfológicos, hidrológicos y bióticos, de esta forma la vegetación ribereña actúa como un filtro efectivo ante la entrada de contaminantes procedentes de zonas agrícolas e industriales adyacentes pues hace que toda el agua que llega al cauce, deba atravesar este filtro ya sea de forma superficial o subterránea (Magdaleno-Mas, 2013; Mendoza-Cariño *et al.*, 2014).

- **Hábitat.** La dinámica hidrológica y la distribución de energía y nutrimentos a lo largo y ancho de las zonas ribereñas permiten el desarrollo de comunidades vegetales estructuradas y diversas que proveen hábitats adecuados para numerosos organismos acuáticos y terrestres. La creación de dichos hábitats y la disposición de alimento aumenta la biodiversidad y la conectividad entre ecosistemas que genera corredores de dispersión y movimiento de plantas y animales (Camacho-Rico, Trejo, & Bonfil, 2006; Becerra Rodas, 2013; Magdaleno-Mas, 2013).

4. JUSTIFICACIÓN

La vegetación de un sistema ribereño es quizá, de las más transformadas por la actividad humana, y al mismo tiempo la menos conocida en cuanto a su diversidad de especies y formas de vida, esto debido principalmente a que ha sido removida, fragmentada o modificada. En el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl se localizan sistemas ribereños que proveen de múltiples servicios ecosistémicos, en dichos sistemas, la vegetación cumple diversas funciones ecológicas. La permanencia de estos ecosistemas permite la continuidad de los procesos naturales y garantiza la calidad de los servicios ecosistémicos que son fundamentales para los millones de mexicanos y mexicanas que habitan en los valles centrales de México.

A pesar de las numerosas investigaciones botánicas en el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl y su zona de influencia pocas han sido dirigidas a estudiar la vegetación asociada directamente a cuerpos de agua, por ello conocer la composición de la vegetación de los sistemas ribereños es una herramienta que nos permite mejorar el manejo y la conservación de los ecosistemas.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- Conocer la distribución altitudinal de la vegetación ribereña a lo largo de un sistema fluvial de régimen permanente en función de las propiedades físicas y químicas del suelo y agua de la microcuenca del Río Apol para contribuir al conocimiento florístico y ambiental de los ecosistemas ribereños en la región del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y su zona de influencia.

5.2 Particulares

- Evaluar algunos parámetros ambientales y del sitio (temperatura, pendiente, altitud, etc.) de la zona de estudio.
- Analizar las propiedades edafológicas de la vegetación ribereña ubicada en la microcuenca del Río Apol.
- Inventariar la flora de la vegetación ribereña (acuáticas estrictas, subacuáticas y tolerantes) en la microcuenca del Río Apol a lo largo de un gradiente altitudinal.
- Establecer la relación que existe entre los parámetros físicos y químicos determinados, con la vegetación ribereña existente en la zona de estudio.
- Determinar la similitud florística entre los intervalos de altitud.

6. HIPÓTESIS

Las propiedades físicas y químicas del suelo ribereño y del agua, así como el gradiente altitudinal de la cuenca, determinan la distribución de las especies ribereñas y sus diferentes biotipos (acuáticas estrictas, subacuáticas y tolerantes).

7. ZONA DE ESTUDIO

7.1 Ubicación

El Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl (PNIP) se localiza en la parte centro-oriental del Eje Volcánico Transversal, ocupa una parte fundamental de la Sierra Nevada. Se ubica entre las siguientes coordenadas extremas $18^{\circ}59'00.43''$ y $19^{\circ}28'09.44''$ de latitud Norte y $98^{\circ}34'55.88''$ y $98^{\circ}46'40.95''$ de longitud Oeste. Abarca 39 819.086 hectáreas repartidas entre el Estado de México, Puebla y Morelos. Su rango altitudinal va desde los 3 000 a los 5 480 metros sobre el nivel del mar (CONANP, 2013).

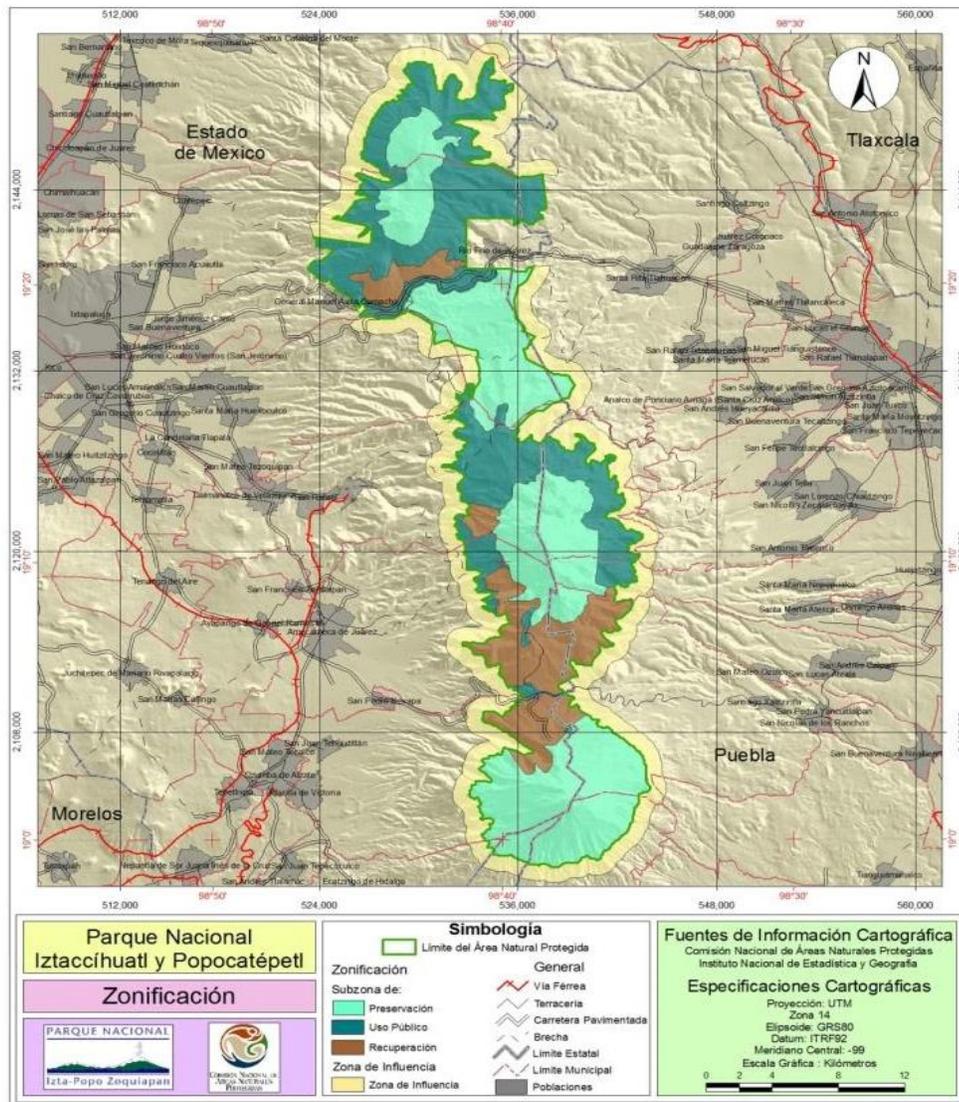


Figura 5. El Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl.

7.2 Suelo

Debido a la continua actividad volcánica con la consecuente presencia de derrames y emisión de cenizas, el material parental de los suelos de las geoformas (sierra, conos volcánicos y laderas) de la región están compuestos por rocas ígneas extrusivas de pómez, por la acumulación de cenizas volcánicas de diferentes etapas de actividad volcánica y por sedimentos de origen volcánico, predominando rocas basálticas y andesitas. La múltiple superposición de capas de tefras (pómez) y cenizas, además de los efectos del intemperismo hídrico y eólico y del clima, ejercen efectos diferenciales sobre los procesos de formación de los suelos característicos de esta región que son los andosoles, los cuales debido a su composición y a la acción combinada de estos factores pueden ser vítricos, húmicos, mólicos y ócricos (CONANP, 2013).

La relación entre las diferentes fases de formación de los suelos, la fisiografía y la vegetación predominante, de acuerdo con su altitud muestra que a elevaciones de 2 900 a 3 000 metros, en el bosque de *Abies*, los suelos están bien desarrollados, poseen un contenido de materia orgánica de ocho al 11% y textura migajón arenosa; en el bosque de pino, a altitudes de 3 400 a 3 800 metros, el suelo es de textura migajón arenosa, de color café oscuro a negro, con bajo contenido de materia orgánica (dos a ocho por ciento) y presenta los efectos de la acción del intemperismo en el material parental; a elevaciones de 4 000 metros, en el páramo de altura, se observan afloramientos de rocas ígneas (pómez) y cenizas volcánicas (CONANP, 2013).

De acuerdo con la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), las unidades de suelo presentes en el área del parque son:

- **Regosol.** Del griego *rhegos*, manto. Son suelos formados a partir de material suelto como arena, grava o piedra; en el parque se localizan a altitudes por debajo de los 3 900 metros sobre el nivel del mar y normalmente son pobres en contenido de materia orgánica y nutrientes.
- **Andosol.** Del japonés *an*, oscuro y *do*, suelo. Se derivan de cenizas volcánicas recientes, por lo que son suelos ligeros con alta retención de humedad y buen contenido de nutrientes, así como con un alto contenido de materia orgánica; y la proporción de vidrios volcánicos presentes, pueden formar andosoles húmicos que se presentan en áreas forestales poco alteradas; también pueden formar andosoles vítricos en zonas con vegetación de coníferas cuando presentan más del 60 por ciento de vidrios, ceniza volcánica y texturas gruesas.

- **Cambisol.** Del latín *cambiare*, cambiar. Son suelos mejor desarrollados, con horizontes A y B bien definidos, pero pobres en contenido de nutrientes; presentan potencial para el desarrollo forestal con adecuadas prácticas de manejo para la conservación de suelo y captación de humedad.
- **Fluvisol.** Del latín *fluvius*, río. Son suelos formados en cañadas, escurrimientos y zonas de depósitos de material reciente; de textura gruesa, su fertilidad es baja debido al escaso contenido de nutrientes.

Por lo anterior, se comprende que los suelos presentes en todo el parque estarán siempre asociados con su origen volcánico, sin importar la zona donde uno se encuentre, solo variando el grado de desarrollo.

7.3 Clima

A causa de su topografía y ubicación, el parque tiene una variedad de climas que van del templado húmedo y subhúmedo (C, Cb, Cc, Cm y Cw,) a los climas frío y muy frío (ETHw y EFHw); la temperatura disminuye con la altura a razón de 0.68°C por cada 100 metros (CONANP, 2013). Por su latitud, el parque se ubica en la región de los vientos alisios, en una zona donde predominan las circulaciones de tipo convectivo local, lo cual hace posible una gran estabilidad meteorológica durante la mayor parte del año. Por otra parte, esta región se ve afectada en la época fría del año por sistemas de tiempo propios de las latitudes medias, como los frentes fríos y la invasión de masas de aire polar continental; en el verano influyen los sistemas meteorológicos propios de la zona tropical como los huracanes y las ondas tropicales (CONANP, 2013).

Las condiciones climáticas son las típicas de los ambientes de la alta montaña tropical sometidos a un régimen de lluvias estacional. La precipitación se concentra de mayo a octubre, disminuyendo notablemente durante la época seca; en cualquier caso, la disponibilidad hídrica del suelo es elevada la mayor parte del año, debido a la escasa evapotranspiración. Las temperaturas presentan drásticas fluctuaciones diarias y a lo largo de todo el año hay heladas constantes y una radiación ultravioleta alta (Almeida *et al.*, 2007).

7.4 Hidrología

Los recursos hídricos que se originan en el Parque Nacional se forman principalmente por el deshielo de los glaciares y la precipitación pluvial la cual es abundante en la región, y sobrepasa los mil milímetros anuales. Las corrientes superficiales pueden ser permanentes o intermitentes, éstas últimas son innumerables durante la época lluviosa y también se produce gran infiltración de agua que va a alimentar las corrientes subterráneas. Los ecosistemas de la Sierra Nevada efectúan procesos que permiten la recarga de acuíferos y los mantos freáticos que abastecen buena parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y del Valle de Puebla y Tlaxcala (CONANP, 2013).

La distribución altitudinal de los recursos hídricos se caracteriza por una pendiente pronunciada en su curso alto, arriba de los 4 500 metros sobre el nivel del mar, y es cada vez más atenuada conforme descienden. Por debajo de los 4 000 metros los arroyos adquieren velocidad y volumen y los manantiales son más frecuentes y abundantes. Por otra parte, por debajo de los 3 000 metros las aguas ejercen una fuerte erosión en el terreno ya que su caudal depende de los deshielos y las precipitaciones. Dentro del Parque Nacional no existen localidades, por lo que el agua corre libremente sin obstrucciones y sin riesgo de contaminación ya que no se le da ningún uso (CONANP, 2013).

7.5 Vegetación

En el Parque Nacional, la distribución de la vegetación atiende a la altitud, de modo que pueden distinguirse tres pisos fundamentales de vegetación (Cuadro 2) que incluyen zonas de transición o ecotonos donde se llevan a cabo complejas relaciones ecológicas entre las comunidades, dificultando su interpretación y límite altitudinal preciso (CONANP, 2013).

Cuadro 2. Comunidades vegetales y especies dominantes del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

Comunidades vegetales		
Bosque de coníferas		Pastizal
Pino-Abeto 3 000 a 3 700 metros sobre el nivel del mar	Pino 3 400 a 4 000 metros sobre el nivel del mar	Zacatonal y pastizal alpino y subalpino 3 500 a 4 350 metros sobre el nivel del mar
<i>Pinus ayacahuite</i> <i>Pinus montezumae</i> <i>Pinus hartwegii</i> <i>Abies religiosa</i> <i>Ageratina pazcuarensis</i> <i>Senecio platanifolius</i>	<i>Pinus hartwegii</i> <i>Ribes ciliatum</i> <i>Lupinus montanus</i> <i>Festuca spp.</i> <i>Calamagrostis spp.</i> <i>Acaena elongata</i>	<i>Festuca spp.</i> <i>Calamagrostis tolucensis</i> <i>Muhlenbergia quadridentata</i> <i>Agrostis tolucensis</i> <i>Juniperus monticola</i>

Tomado de (CONANP, 2013).

El Parque Nacional es el remanente más importante de bosques de coníferas y praderas de alta montaña en el centro del país. Su importancia radica no sólo en la extensión de bosques en buen estado de sino en la diversidad de su flora y fauna. La vegetación dominante son los bosques de coníferas constituidos por pinos y abies; entre los 2 900 y 3 400 m predominan los oyameles (*Abies religiosa*) que crecen principalmente en las cañadas; mientras que en las laderas son dominantes los pinos y los cedros. Se encuentran relictos de madroños (*Arbutus xalapensis*) y ailes (*Alnus firmifolia*). Las especies arbustivas y herbáceas no son tan abundantes en estas alturas gracias a que hay una conservación de la vegetación original (CONANP, 2013).

Entre los 3 500 y 4 200 m se localizan bosques de pino abiertos, con abundantes gramíneas amacolladas; en este bosque predomina una sola especie de pino, el *Pinus hartwegii*, que se mezcla con abetos y ailes en las altitudes más bajas. En los volcanes, el pino *hartwegii* llega a las mayores altitudes registradas para un pino en el mundo, por lo que comúnmente se le conoce como pino de las alturas (Cuadro 3). Arriba de los 4,000 metros, este bosque se mezcla con la pradera alpina o vegetación de páramos de altura, un ecosistema muy poco representado en México; las especies dominantes son los pastos amacollados (*Calamagrostis tolucensis*) y algunas hierbas como el cardo santo (*Cirsium nivale* y *C. subsericum*) (CONANP, 2013).

Cuadro 3. Uso de suelo y vegetación en el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

Uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Bosque conservado	21,260.6380	53.39
Bosque con perturbación moderada	844.1060	2.12
Bosque con perturbación alta	2,166.8730	5.44
Superficies con nieve o sin vegetación natural	5,560.4410	13.96
Pastizales	9,662.2170	24.27
Superficies erosionadas	307.2600	0.77
Otros usos	17.5550	0.04
Superficie total	39,819.0900	100.00

Tomado de (CONANP, 2013).

8. MÉTODOS

8.1 Delimitación del área de estudio y selección de los sitios de muestreo

El área de estudio se delimitó a partir de revisión cartográfica y bibliográfica con el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIALT) de INEGI al Río Apol con escala 1:50,000 y clave: Rh18Ae, el cual pertenece a la cuenca alta del Río Atoyac que a su vez forma parte de la cuenca hidrográfica Río Balsas en la región hidrológica y administrativa RH18 y IV respectivamente de nuestro país, abarcando zonas urbanas como La Venta, Buenavista, Santiago Xalitzintla, Ozolco, Atzala, Calpan, San Nicolás de los Ranchos y Nealtican por mencionar algunas. Para la obtención de un mapa que mostrara el área de estudio, los datos de la cuenca y el modelo ráster de elevación digital de INEGI fueron procesados en el sistema de información geográfica ArGis 10.3 (Figura 6).

La selección de los sitios de muestreo se realizó con base en su pertenencia a un mismo sistema fluvial de régimen permanente, poseer distintos tipos de vegetación y grado de conservación con base a su uso de suelo y a su vez suceder en un gradiente altitudinal que va de los 4 000 m y los 2 400 m de altitud, donde el sitio uno corresponde al sitio más alto y el sitio cuatro al más bajo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Coordenadas y altitud de los sitios de muestreo.

Sitio	Nombre	Altitud m	Longitud UTM	Latitud UTM
1	La Ranita	3996	537650	2115807
2	Buenavista	3303	542037	2111204
3	Santiago Xalitzintla	2678	547792	2111726
4	San Nicolás de los Ranchos	2419	554726	2108585

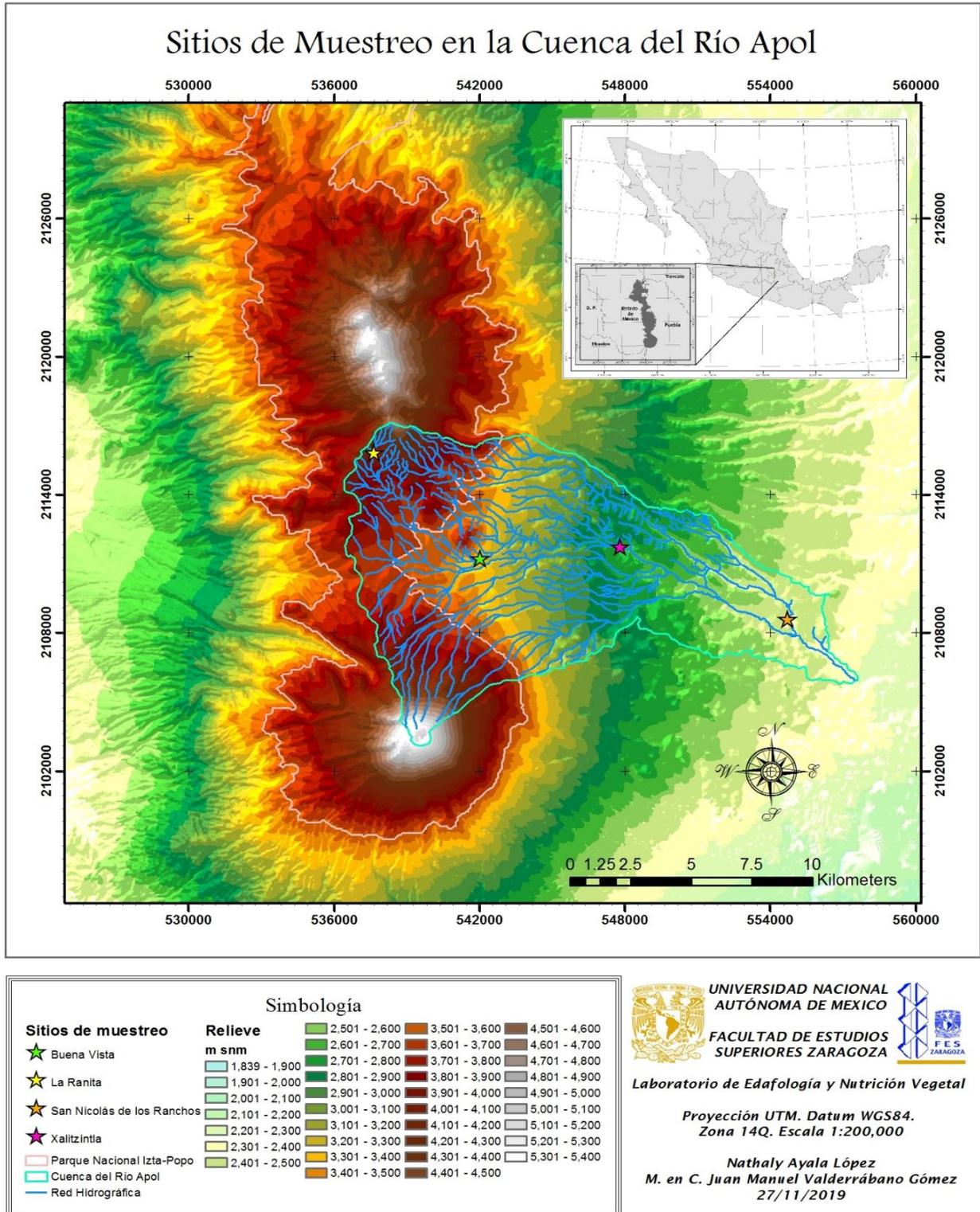


Figura 6. Localización de los sitios de muestreo en la cuenca del Río Apol y el PNIP.

8.2 Trabajo de campo

Los sitios de estudio fueron georreferenciados y caracterizados, para ello se registraron coordenadas UTM y altitud con un GPS eTrex 30 - Garmin (Global Positioning System), se les asignó un nombre para su identificación (Figura.7). Para la caracterización ecológica se registraron las siguientes variables: temperatura ambiental, porcentaje de humedad ambiente, pendiente y exposición del terreno y tipo de arroyo de acuerdo a Rosgen en 1994 (Anexo 1). También se describieron aspectos como la estructura y tipos de vegetación de cada sitio, las formas de vida (Arbórea, arbustiva y herbácea) así como el material parental presente, basándose en guías de descripción de Cuanalo (1981) y Cruz-Flores & Guerra-Hernández (2017).

8.3 Muestreo

8.3.1 Suelo

En cada uno de los sitios se delimitaron transectos de 30 m a lo largo del río utilizando un flexómetro, posteriormente se colectaron y etiquetaron muestras de 250 g de suelo en bolsas de plástico tomadas con una pala a una profundidad de 20 cm de diámetro a tres distancias del transecto: 0 m, 15 m y 30 m, a uno y a cinco metros de amplitud en ambas exposiciones del cauce del río (solana y umbría), siguiendo este esquema de muestreo se obtuvieron 12 muestras de suelo en cada sitio para determinar propiedades físicas y químicas en el laboratorio (Figura 7 y 8).



Figura 7. Muestreo en campo A) caracterización ecológica, B) delimitación de los transectos para la toma de muestras y C) muestra de suelo.

De la misma manera, se colectaron seis muestras en tubos de cobre de 10 cm de altura y 2.54 cm de diámetro por sitio insertando el tubo en el suelo libre de cobertura vegetal, procurando que este estuviera lleno completamente de suelo y sellándolo por ambos lados con papel aluminio y cinta masking tape para asegurar su integridad hasta su llegada al laboratorio para determinar las propiedades de densidad aparente y porcentaje de humedad. También se determinó la temperatura insertando un termómetro de inmersión parcial en el suelo y el pH *in situ* con un potenciómetro de campo.

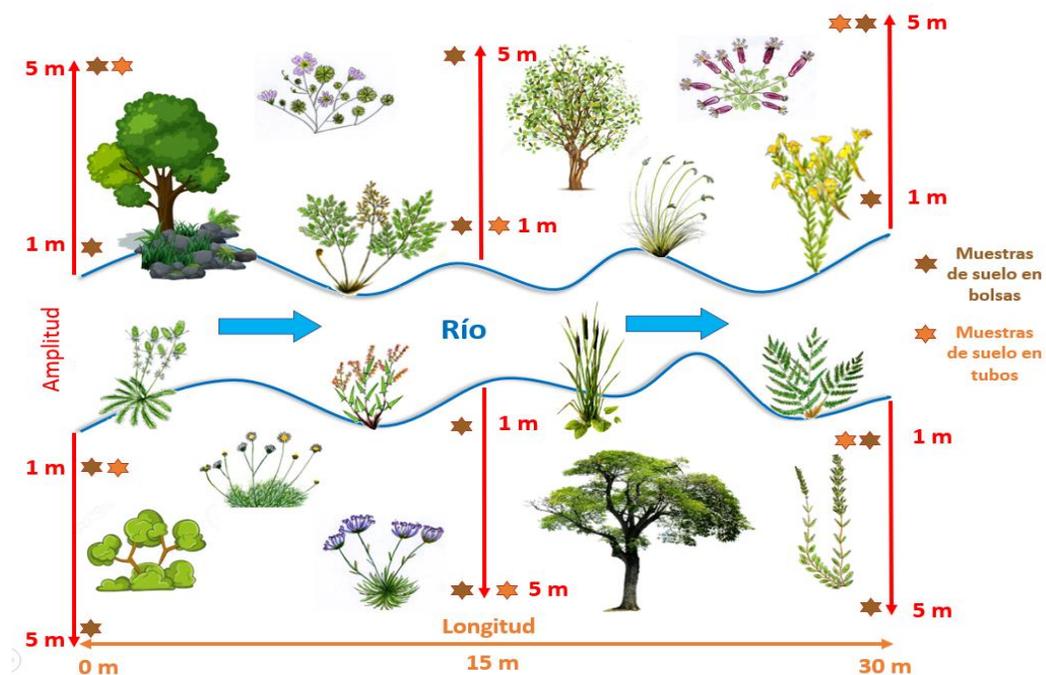


Figura 8. Esquema de muestreo: suelo, agua y vegetación.

8.3.2 Agua

Para conocer las propiedades químicas y físicas del agua del río se colectaron muestras en botellas de plástico de 500 mL para la determinación *in situ* de: pH activo con un potenciómetro de campo, temperatura utilizando un termómetro de inmersión parcial y alcalinidad, mediante el método de los dos indicadores (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Además, se realizó el aforo y velocidad de corriente mediante el método Sección-Velocidad (ICC, 2017), así como el establecimiento del perfil batimétrico (Figura. 9).



Figura 9. Determinación de propiedades de agua. A) establecimiento del perfil batimétrico, B) velocidad de corriente y C) cuantificación de alcalinidad.

8.3.3 Vegetación

Para el caso de la vegetación, se realizó un registro fotográfico de las especies más representativas de cada sitio encontradas dentro de una amplitud de 5 metros en cada lado del cauce del río (Figura 8). Posteriormente, dichas especies fueron colectadas y prensadas de manera convencional para su herborización y determinación. Durante la colecta de las especies se tomó nota de algunas características generales de su morfología que pudieran perderse o modificarse después de ser herborizadas (Figura 10).



Figura 10. Muestreo de vegetación. A) toma de fotografías, B) y C) colecta y prensado de especies.

8.4 Trabajo de laboratorio

Posterior a su colecta, las muestras de suelo fueron secadas al aire libre, se tamizaron con malla de 2 mm y almacenaron en frascos de plástico debidamente etiquetados para su análisis. Por otro lado, las muestras de los tubos de cobre fueron colocadas en un horno a 105°C hasta alcanzar peso constante. Para el análisis de propiedades físicas y químicas del suelo las muestras fueron realizadas en tres repeticiones por muestra mediante los métodos que se muestran en el cuadro 5 (Figura 11).

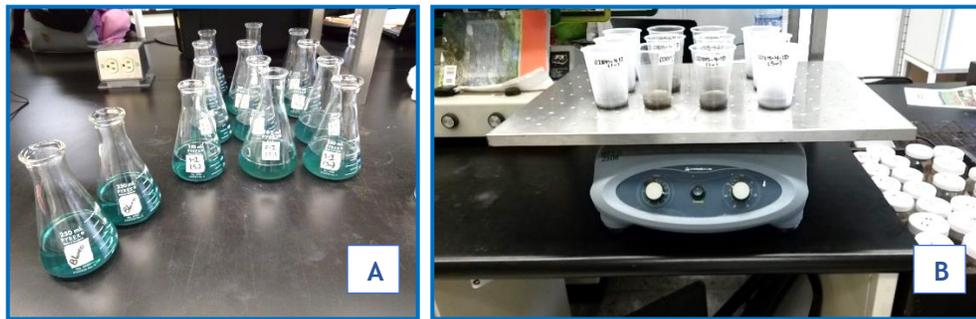


Figura 11. Análisis de las muestras de suelo en el laboratorio. A) conductividad eléctrica y B) materia orgánica.

Cuadro 5. Propiedades y métodos utilizados para el análisis físico y químico de muestras de suelo.

Propiedad física/química	Método
pH	Relación 1:2, con H ₂ O. Con un Potenciómetro.
Conductividad eléctrica	Relación 1:5, con H ₂ O. Con un Puente de Conductividad.
Densidad real	Método del picnómetro
Densidad Aparente	Método del cilindro de volumen conocido
Espacio poroso	%EP= 1- (DA)-(DR) x100
Humedad	Gravimetría
Materia Orgánica	Walkley y Black (Jackson, 1976)

Los métodos anteriores fueron realizados de acuerdo a (Guerra-Hernández & Cruz-Flores, 2014).

Las plantas recolectadas fueron herborizadas en el cuarto de secado del herbario FEZA de la FES Zaragoza, después fueron determinadas con la ayuda de claves taxonómicas (Mickel & Smith, 2004; Calderón de Rzedowski & Rzedowski, 2005), y la asesoría del personal académico adscrito al herbario FEZA (M. en C. María Magdalena Ayala Hernández, Dr. Carlos Castillejos Cruz y Dra. Ana María Soriano Martínez), utilizando los instrumentos adecuados en función de la morfología y estructura floral con el objetivo de llegar a nivel taxonómico de especie y con ello elaborar un listado (Figura 12).

Para verificar su autenticidad, las especies fueron cotejadas en sitios web reconocidos:

- Trópicos. Base de datos del Jardín Botánico de Missouri.
- CONABIO. Portal de malezas de México, banco de imágenes y herbario virtual.
- CONANP. Listado de Especies del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl.
- SEINet. Base de datos Arizona y Nuevo México.



Figura 12. Determinación de especies.

8.5 Análisis de similitud

Para analizar la distribución de las especies se elaboró una base de datos en Excel versión 2016, considerando la presencia y la ausencia de las especies en cada sitio estudiado. Después, estos datos fueron manejados en el programa Past versión 3.26 para obtener la diversidad beta o recambio/reemplazo de especies entre comunidades mediante un análisis de agrupamiento con el índice de Jaccard cuya fórmula se muestra a continuación.

$$J(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B}$$

Figura 13. Fórmula matemática del índice de Jaccard que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sitios de esta investigación presentan patrones bioclimáticos que influyen en la distribución de la vegetación. Estos a su vez, se ven afectados por factores geomorfológicos, edáficos, temperatura y humedad ambientales. El cuadro 6 muestra los registros de las variables ambientales, edafológicas e hidrológicas que determinan la distribución de la vegetación a lo largo del gradiente analizado. En él destacan las variaciones de temperatura ambiental y del agua, alcalinidad, velocidad y gasto de corriente, contenido de materia orgánica, carbono orgánico y humedad gravimétrica del suelo.

Cuadro 6. Descripción de los sitios de estudio y propiedades físicas y químicas del suelo y agua.

\bar{X} Mín. - Máx.	San Nicolás de los Ranchos	Santiago Xalitzintla	Buenavista	La Ranita
US	Agrícola-urbano	Agrícola-forestal	Forestal-ecoturístico	Forestal-conservado
E	Sureste	Sureste	Este	Sureste
TS	Fluvisol háplico	Fluvisol mólico	Andosol vítrico úmbrico	Andosol vítrico úmbrico
TA ^f	A	A	Aa ⁺	A
A (m)	2419	2678	3303	3996
IPT (%)	2-5	8-12	4-7	2-5
IPA (%)	8.5	8.6	16.4	5.8
T _s (°C)	14.3 8.75-19	13.7 5.2-20	10.1 3.2-15	8.63 5-18
T _{ag} (°C)	14.5 10.6-17	10.47 5.6-15	8.9 1.3-12.5	7.6 5-18
T _{amb} (°C)	18.1 7 - 23.4	15.4 4.6-23.6	12.1 5.3-20.6	12.9 8-17
H _{amb} (%)	41.7 24-62	47.2 19.9-70	48.8 38-76.4	45.2 38.5-51.8
pH _{ag}	7.1 6-7.7	6.3 5.3-7.5	6.6 6.3-7.7	6.4 5.7-7.4
Alc (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	106 115-233	34.1 25.3-58.6	26.2 21.3-32	19.3 15.9-28
VC (m/s)	0.81 0.43-1.25	0.43 0.16-0.75	0.35 0.17-0.64	0.47 0.36-0.7
GC (m ³ /s)	1970	922	910	134
VI (cm ³ /h)	1389.9	3941.3	2248.4	164.4
pH _{Sis}	6.8 6.1-8	6.5 5.8-7.1	5.9 5-6.9	5.8 4.5-7.5
MOS (%)	3.2 1.4-7.3	3.6 0.6-6.1	6.9 2.3-14.2	5.9 0.9-19.2
COS (g kg ⁻¹)	17	19	37	31
pH _{act} (1:2)	6.7 5.6-7.1	6.9 6.6-7.4	6 5.5-6.6	5.6 5.3-5.9
CES (dSm ⁻¹)	0.19 0.10-0.28	0.10 0.06-0.23	0.07 0.03-0.12	0.12 0.05-0.31
S _{ext} (mg kg ⁻¹)	9.3	14.7	45.6	98.4
S _{org} (mg kg ⁻¹)	132.6	132.9	107.7	87.9

DA (g/cm ³)	1.2 1.1-1.4	0.8 0.7-1.3	0.8 0.7-0.9	1.5 1.4-1.6
DR (g/cm ³)	2.4 2.2-2.5	2.4 2.3-2.5	2 1.9-2	2.2 1.7-2.6
HG (%)	24.9 14.5-51.7	29.5 28.3-30.3	35.4 12.5-59	43 31.4-70.7
EP (%)	54	31	36	70
Arcilla (%)	6.2 5.5-7.5	5.6 4.7-6.7	6.5 4.4-7.4	8.2 4.5-14.5
Limo (%)	15.9 10.2-23.3	11.5 9.6-16.3	17.7 13.3-20.3	18.9 12.6-28.3
Arena (%)	77.8 69.2-83.8	84 78-89	75.9 72.3-80	72.9 57.2-80.8
Textura	Franca arenosa	Arenosa franca	Franca Arenosa	Franca arenosa
SPT	27	23	37	25
SPC	5	9	9	4

US= uso de suelo, E= exposición, TS= tipo de suelo, (Frosgen, 1994) TA= tipo de arroyo, A= altitud, IPT= inclinación de la pendiente del terreno, IPA = inclinación de la pendiente del arroyo, T_s= temperatura del suelo, T_ag= temperatura del agua, T_amb= temperatura ambiente, H_amb= humedad ambiente, pH_ag= pH del agua, Alc= alcalinidad, VC= velocidad de corriente, GC= gasto de corriente, Vinf= velocidad de infiltración, pH_Sis= pH *in situ* del suelo, MOS= materia orgánica del suelo, COS= carbono orgánico del suelo, pH_act= pH activo del suelo, CES= conductividad eléctrica del suelo, S_ext= azufre extractable, S_org= azufre orgánico, DA= densidad aparente, DR= densidad real, HG= humedad gravimétrica del suelo, EP= espacio poroso, SPT= especies totales, SPC= especies compartidas.

En la región de los volcanes Iztaccíhuatl-Popocatepetl Monfil en 2020 en su investigación sobre calidad ecológica de sistemas ribereños y uso de suelo encontró a la temperatura, conductividad eléctrica, concentración de amonio, dureza total, pH, oxígeno disuelto, contenido de nitratos, materia orgánica y fósforo disponible como variables robustas en el estudio de estos sistemas ecológicos. Otras investigaciones realizadas en la región y su zona de influencia (Guerra, 2020) quien realizó un estudio sobre indicadores hídrico-edáficos de calidad de ambientes ribereños reconociendo a los nutrimentos y salinidad en él sistema acuático y al carbono orgánico y espacio poroso del suelo como variables que determinan la calidad del ambiente ribereño. En el mismo año, Sandoval menciona que los diferentes tipos de vegetación, uso de suelo y la posición en el paisaje acumulan diferentes contenidos de COS a lo largo de la cuenca de Alcalican entre 2 500 y 4 000 m de altitud.

En investigaciones similares, pero con énfasis en el efecto de ladera (Mazzola *et al.* 2008), en un estudio realizado en el Parque Nacional Lihue Calel se encontró influencia de los factores climáticos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, donde se destacan temperatura, humedad y materia orgánica del suelo. Por otro lado (Rico-Gray & Palacios-Ríos, 1996) en su estudio en ciénegas del noroeste de Campeche destacan la influencia de parámetros como salinidad, frecuencia de inundación, pH del suelo y concentraciones de ácido sulfhídrico en la distribución de la vegetación.

9.1 COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE SIMILITUD FLORÍSTICA ENTRE SITIOS

Los sitios estudiados se ubican en el intervalo de altitud entre 2 419 y 3 996 m donde se colectaron 112 ejemplares vegetales pertenecientes a 79 géneros y 36 familias, 25 corresponden al sitio de La Ranita; 37 a Buenavista; 23 a Santiago Xalitzintla y 27 a San Nicolás de los Ranchos (2419 m) (Cuadro 7). De todas ellas, 85 especies son específicas para cada sitio puesto que se obtuvieron 13 especies que se encuentran en dos o más sitios ribereños, por lo tanto, se identificaron un total de 98 especies diferentes entre sí. Las familias mayormente representadas en todos los sitios fueron *Asteraceae* (19 spp), *Poaceae* (15 spp) y *Plantaginaceae* (6 spp). Las familias con mayor número de especies registradas en México son *Asteraceae* (761, 18.8%), *Fabaceae* (592, 14.6%) y *Poaceae* (588, 14.5%), siendo *Asteraceae* la más diversa de las regiones templadas (Rzedowski, 1978; Villaseñor & Ortiz, 2007).

Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies de los sitios de estudio.

Sitio	Altitud (m)	Familias	Géneros	Especies
	__ m __	Número		
San Nicolás de los Ranchos	2419	18	27	27
Santiago Xalitzintla	2679	16	20	23
Buenavista	3303	18	32	37
La Ranita	3996	12	22	25

De las 98 especies ribereñas identificadas para el presente estudio, 43 se encuentran en la lista del Programa de Manejo del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl publicado en 2013. Particularmente *Juncus aemulans*, *Callitriche heterophylla* y *Epilobium ciliatum* se encontraron dentro del polígono del parque arriba de los 3 900 m de altitud. Esta última especie no está incluida actualmente en el Programa de Manejo. El listado total de las especies estudiadas en los ambientes ribereños incluye 52 especies no circunscritas en el polígono del parque (Anexo 3), aunque si se localizan en el área de influencia del mismo desde los 2 400 m hasta los casi 4 000 m de altitud.

La diversidad de especies ribereñas que se encuentran en dicho gradiente altitudinal a lo largo de una parte de la microcuenca del Río Apol. Dichas especies constituyen al ecosistema ribereño y sus sistemas radicales funcionan como filtro de elementos y nutrientes que contribuyen a mejorar la calidad del agua en el arroyo además de proporcionar servicios ecosistémicos de los cuales se beneficia la población de la cuenca media y baja del Balsas lo que evidencia la relevancia e importancia del adecuado manejo y conservación de dichos ecosistemas.

En Buenavista se encontró el mayor número de especies ribereñas probablemente, como consecuencia de condiciones ambientales más favorables de humedad y temperatura, considerando que la geomorfología del arroyo tiene una forma de “V” que la protege de heladas y de vientos muy fríos.

De todas las especies encontradas, *Plantago australis* está presente en los tres sitios de mayor altitud que de alguna manera, son los que sufren menor presión por actividades antrópicas o están menos deteriorados y está ausente en el sitio con mayor degradación ecológica. Otra explicación de que *P. australis* esté en tres sitios de cuatro estudiados puede ser porque posee mayor plasticidad genética que las demás especies o por su adaptación a ambientes plenamente diferenciados por la temperatura en la que se desarrollan. Además de ser una especie ampliamente distribuida en el Valle de México a excepción de las partes más secas entre los 2 250 - 3 800 m (Rzedowski, 2006).

Al realizar un análisis con el índice de Jaccard se observó que los sitios Buenavista y La Ranita que corresponden a los sitios con mayor altitud (3 996-3 303 m) presentan mayor semejanza (valor de similitud del orden de 0.15) entre las especies de vegetación ribereña y estos a su vez, mayor parecido a Santiago Xalitzintla (valor de 0.08) debido a que en este último sitio predomina la vegetación forestal que aquí ya comparte el espacio con especies cultivadas. El sitio de San Nicolás de los Ranchos con mayor uso de suelo agrícola y ya urbano, presenta el menor valor de similitud (0.04) de su vegetación ribereña en referencia a los otros sitios (Figura 14).

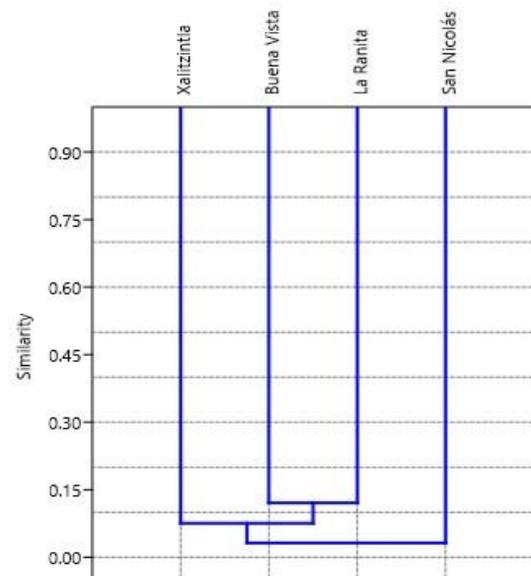


Figura 14. Índice de similitud de los sitios de estudio.

En la investigación de Ochoa *et al.* (2018) en los márgenes del cauce del río Usumacinta se observaron ciertas similitudes en la presencia de las especies ribereñas, que variaron de acuerdo con la cercanía de las lagunas (léntico) y el flujo del río (lótico). Sus resultados indican que la diversidad y la riqueza de especies están condicionadas básicamente por la naturaleza del flujo, la conectividad y por las crecientes del río que las alimenta. La conectividad lateral en los sistemas ribereños es muy importante para la dinámica de la vegetación acuática y ribereña (Mendoza-Cariño, 2014), ya que durante el periodo de lluvias los sistemas lagunares se comunican entre sí, permitiendo el flujo de semillas, frutos, o partes de plantas que les permite desarrollar nuevos individuos favoreciendo el refluo de nutrimentos y el equilibrio hidrológico.

9.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

9.2.1 Sitio 1: La Ranita

Ubicado en el Estado de México a 3 996 m, en las coordenadas 537650 W y 2115807 N, representa el sitio con mayor altitud, que a su vez se localiza dentro los límites del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. El relieve de este sitio corresponde a un valle cóncavo-convexo con pendiente de 2-5% moderadamente ondulado, que se encuentra rodeado de colinas algo abruptas con exposición sureste (Figura 15). En este sitio se registró que la temperatura ambiente oscila entre los 8 y los 17°C, y la humedad promedio fue de 45%.

Debido a que el sitio se encuentra dentro de una Área Natural Protegida, su uso de suelo es forestal y está dirigido a la conservación en virtud de los servicios ecosistémicos que proporciona tales como provisión de agua, captura de carbono, regulación del clima, generación de oxígeno, asimilación de diversos contaminantes, protección de la biodiversidad, la retención de suelo que evita erosión e inundaciones, refugio de fauna silvestre, además, de ofrecer una extraordinaria belleza escénica (CONANP, 2020).



Figura 15. Sitio de estudio "La Ranita".

Sandoval en 2016 señaló que los suelos en este sitio son andosoles vítricos úmbricos originados a partir de depósitos de roca pómez de 5 000 años. Mena (2018) registró que la textura del suelo es de tipo franca arenosa con una velocidad de infiltración de 164.4 cm³ h⁻¹. Y Pérez (2017) documentó valores de 98.4 mg kg⁻¹ de azufre extractable y 87.9 mg kg⁻¹ de azufre orgánico en el suelo. El suelo de este sitio contiene una alta cantidad de materia orgánica (5.9% equivalente a 31 g de CO kg⁻¹). La temperatura del suelo fue de 8.6°C y el pH de 5.8.

El río es una corriente permanente de tipo A (Rosgen, 1994) que en promedio mide un metro de ancho y de 5 a 14 cm de profundidad, que aumenta y disminuye su nivel a lo largo del año debido a las lluvias y que en ocasiones se inunda formando humedales cuya pendiente es de 5.8%. La velocidad de corriente para este sitio fue de 0.47 m s^{-1} con gasto de corriente de $134 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Mondragón, 2016). La temperatura del agua fue de 7.6°C y el pH fue ligeramente ácido de 6.4, mientras que su alcalinidad fue de $19.3 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Figura 16).

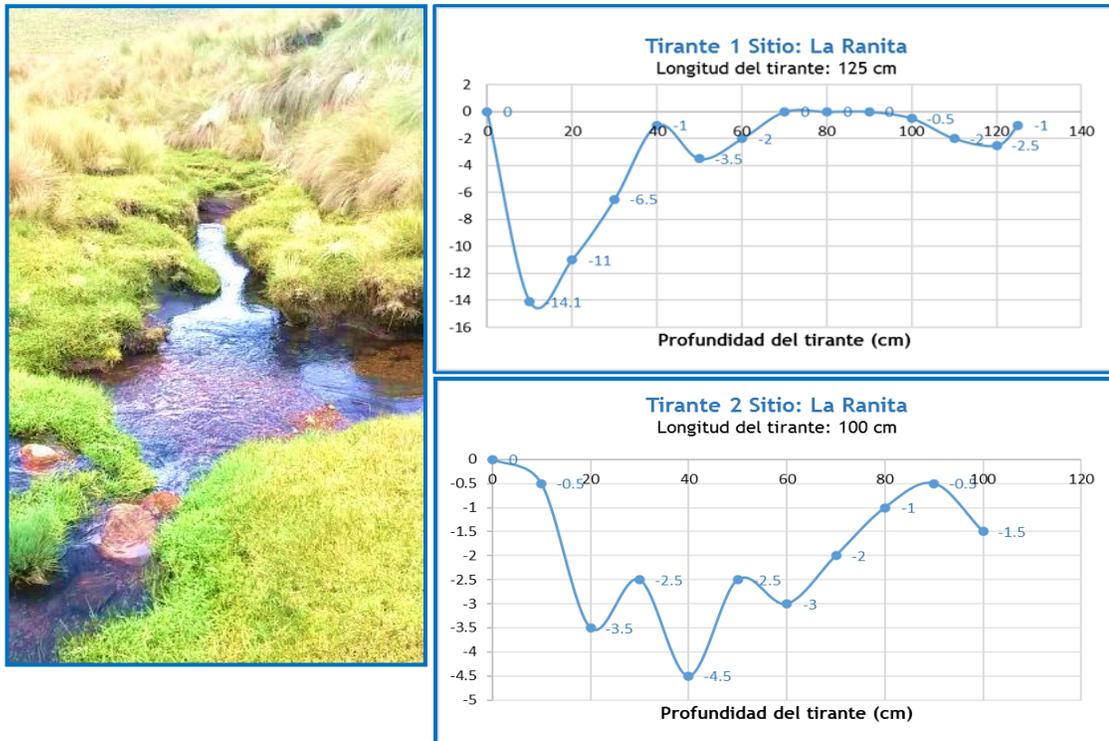


Figura 16. Río de la "Ranita" y su profundidad.

La vegetación que cubre el suelo de este sitio está compuesta principalmente por abundantes gramíneas amacolladas donde predominan especies como *Calamagrostis tolucensis*, *Muhlenbergia orophila* y *Festuca tolucensis*, al pastizal lo rodean individuos de *Pinus hartwegii* y *Juniperus monticola*. La riqueza florística de este sitio está conformada por 12 familias, donde Poaceae y Asteraceae son las más diversas con 25 especies (Cuadro 8) de las cuáles se encuentran con mayor abundancia: *Eryngium carlinae*; *Eryngium proteaeflorum*; *Cirsium jorullense*; *Juncus aemulans*; *Ranunculus multicaulis* (Figura 17).

Cuadro 8. Listado de especies de “La Ranita” (3 996 m).

NP	Familia	Especie	FV	TA [§]
1	Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroche	Hd-e	-
2	Apiaceae	<i>Eryngium proteaeflorum</i> F. Delaroche	He	-
3	Asteraceae	<i>Cirsium jorullense</i> (Kunth) Spreng.	He	-
4	Asteraceae	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill). Wedd.	H	-
5	Asteraceae	<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) G.L. Nesom	He	T
6	Asteraceae	<i>Robinsonecio gerberifolius</i> (Sch. Bip. Ex Hemsl.) T.M. Barkley & Janovec	He	-
7	Asteraceae	<i>Senecio mairetianus</i> DC.	Hs	-
8	Brassicaceae	<i>Draba nivicola</i> Rose	H	-
9	Cyperaceae	<i>Carex volcánica</i> F.J. Herm	H	-
10	Fabaceae	<i>Lupinus aschenbornii</i> S. Shauer	H	-
11	Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i> Kunth	H	-
12	Gentianaceae	<i>Gentiana ovatiloba</i> Kusn.	Hr-e	T
13	Juncaceae	<i>Juncus aemulans</i> Liebm.	H	-
14	Juncaceae	<i>Luzula caricina</i> E. Mey.	He	-
15	Onagraceae	<i>Epilobium ciliatum</i> Raf.	He	-
16	Plantaginaceae	<i>Callitriche heterophylla</i> Pursh	H	Ac
17	Plantaginaceae	<i>Penstemon gentianoides</i> (Kunth) Poir.	He	-
18	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	H	-
19	Poaceae	<i>Agrostis subpatens</i> Hitchc.	He	-
20	Poaceae	<i>Calamagrostis tolucensis</i> (Kunth) Trin. Ex Steud.	H	-
21	Poaceae	<i>Festuca tolucensis</i> Kunth	He	-
22	Poaceae	<i>Muhlenbergia nigra</i> Hitchc.	H	-
23	Poaceae	<i>Muhlenbergia orophila</i> Swallen	He	T
24	Ranunculaceae	<i>Ranunculus multicaulis</i> D. Don ex G. Don	H	T
25	Rosaceae	<i>Lachemilla vulcanica</i> (Schtdl. & Cham.) Rydb.	Hr	-

NP: Número Progresivo.

FV forma de vida; (A) árbol, (Ar) arbusto, (H) herbácea, (He) erecta, (Her) erguida, (Hd) decumbente, (Hr) rastrera, (Hs) subfrutescente y (Ht) trepadora.

TA tolerancia al agua ([§] Rzedowski, 2006); (Ac) acuática, (Sac) subacuática y (T) tolerante.

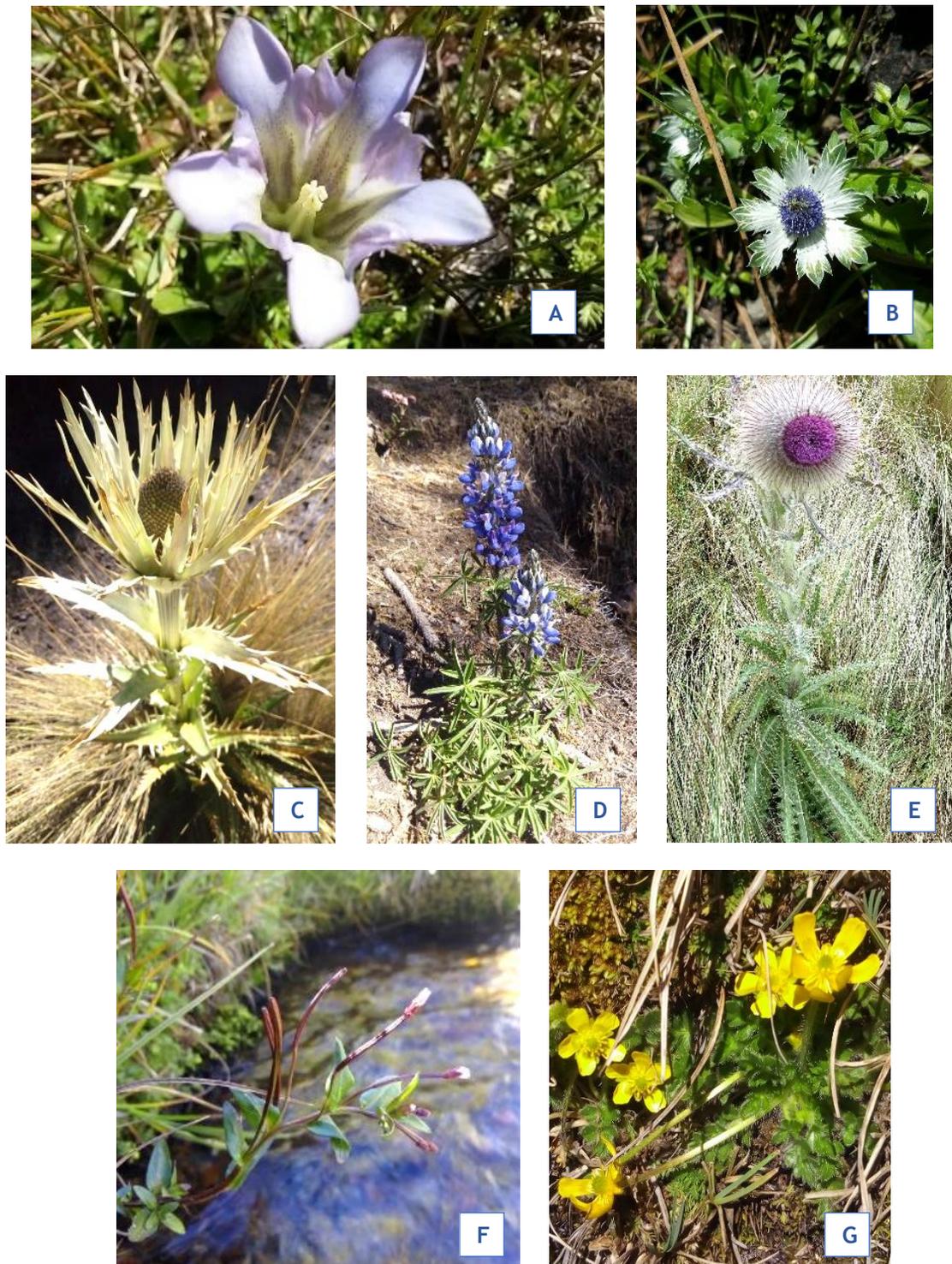


Figura 17. Especies de la "Ranita" A) *Gentiana ovatiloba* Kunz., B) *Eryngium carlinae* F. Delaroche., C) *Eryngium proteaeflorum* F. Delaroche., D) *Lupinus aschenbornii* S. Shauer., E) *Cirsium jorullense* (Kunth) Spreng., F) *Epilobium ciliatum* Raf., G) *Ranunculus multicaulis* D. Don ex G. Don.

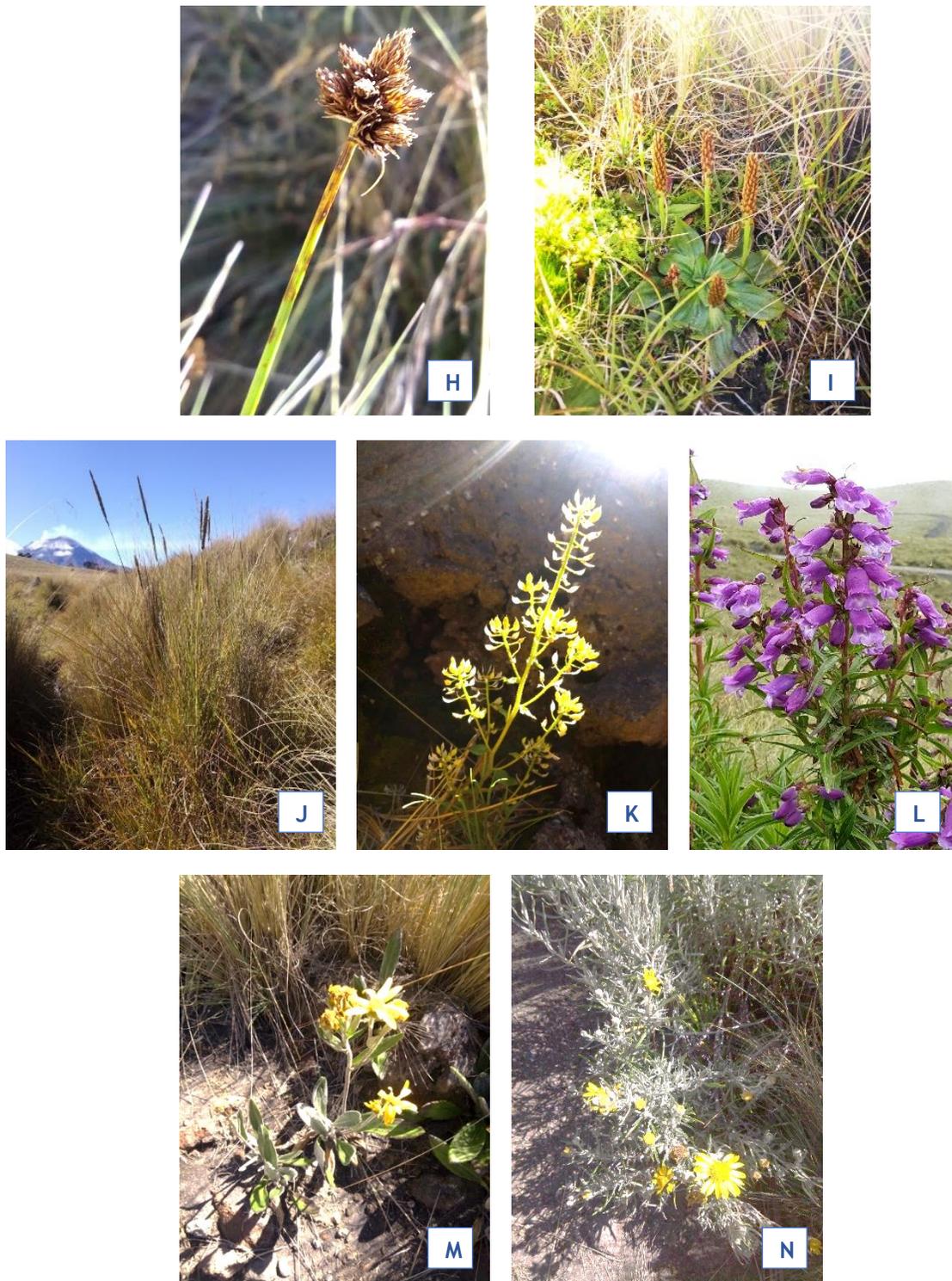


Figura 17. Continuación. H) *Carex volcánica* F.J. Herm., I) *Plantago australis* Lam., J) *Muhlenbergia nigra* Hitchc., K) *Draba nivicola* Rose., L) *Penstemon gentianoides* (Kunth) Poir., M) *Robinsonecio gerberifolius* (Sch. Bip. Ex Hemsl.) T.M. Barkley & Janovec., N) *Senecio mairetianus* DC.

9.2.2 Sitio 2: Buenavista

Este sitio se ubica en las coordenadas 542037 W y 2111204 N a una altitud de 3 303 m, en una pequeña cañada con exposición al este, donde el relieve es convexo accidentado y la pendiente de ambas laderas es de 8 a 12 %, aunque, el terreno adyacente al río es casi plano (Figura 18). En estas condiciones, la temperatura ambiente es de 12 °C y la humedad es de 48.8%. Cerca de este sitio se hay cabañas destinadas al turismo, por lo tanto, el uso de suelo es transicional entre forestal a ecoturístico donde se aprovechan servicios ecológicos como el vasto aporte de agua y el atractivo paisajístico.

El tipo de suelo de este lugar se clasificó como Andosol vítrico úmbrico desarrollado a partir de depósitos de pómez (Sandoval, 2016), su temperatura fue de 10 °C y su pH de 5.9; textura franca arenosa y velocidad de infiltración de 2 248.4 cm³ h⁻¹ (Mena, 2018). El azufre extractable fue de 45.6 mg kg⁻¹ mientras que el azufre orgánico fue de 107.7 mg kg⁻¹ (Pérez, 2017). Se trata de un suelo rico en materia orgánica que en promedio contiene 6.9% que aproximadamente equivale a 37 g de CO kg⁻¹.

El río tiene una pendiente de 16.4%, que se clasifica como tipo Aa⁺ (Rosgen, 1994), mide de 1.60 hasta 2.30 m de ancho, con una profundidad que alcanza los 90 cm (Figura 19). Es un río entubado, en el que la velocidad de corriente del agua es de 0.35 m s⁻¹ y se mantiene la mayor parte del año con gasto de corriente de 910 m³ s⁻¹ (Mondragón, 2016). La temperatura del agua fue de 8.9 °C, el pH registrado fue casi neutro (6.6) y la alcalinidad obtenida fue de 26.2 CaCO₃ L⁻¹.



Figura 18. Sitio de estudios "Buenavista".

Este sitio tiene pendientes bien marcadas, en el suelo no se percibe erosión ya que se encuentra protegido por abundantes herbáceas y arbustos además de una capa considerable de hojarasca. Se observaron los tres estratos de vegetación; el estrato arbóreo se encuentra representado por *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite* y algunos individuos de *Abies religiosa*; el estrato arbustivo por su parte con *Roldana angulifolia* y *Comarostaphylis discolor*; y, por último, en el estrato herbáceo predominan especies como *Festuca tolucensis*, *Senecio callosus*, *Lupinus montanus* y *Lachemilla procumbens*.

Además, en esta cañada se establecen factores propicios para el desarrollo de especies de helechos como *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris wallichiana* y *Pleopeltis polylepis*, entre otras especies (37) de 18 familias que se enlistan en el cuadro 9 y que se pueden observar en la figura 20.

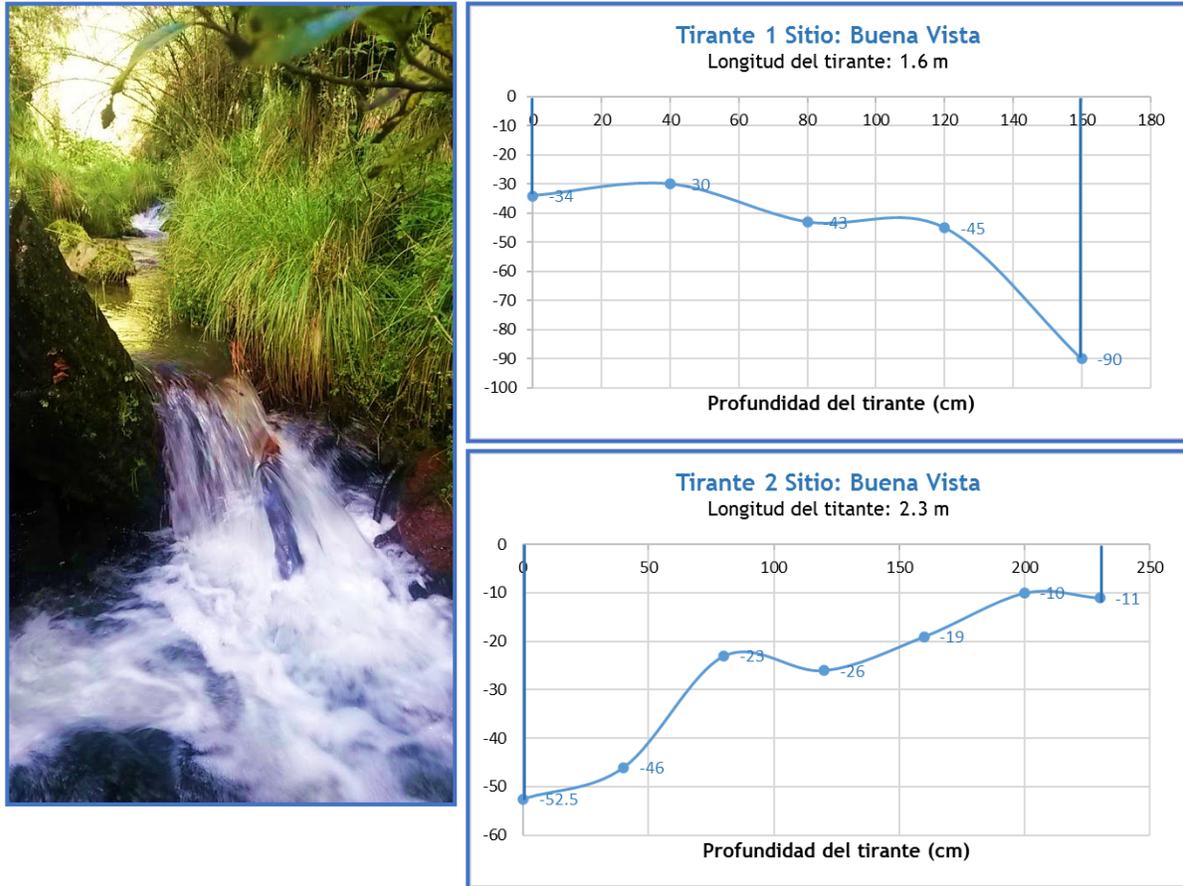


Figura 19. Río de "Buenavista" y su profundidad.

Cuadro 9. Listado de especies de "Buenavista" (3 303 m).

NP	Familia	Especie	FV	TA [§]
1	Apiaceae	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) JM Coult. & Rose	H	-
2	Apiaceae	<i>Eryngium proteaeflorum</i> F. Delaroché	He	-
3	Aspleniaceae	<i>Asplenium castaneum</i> Schlttdl. & Cham.	H	T
4	Asteraceae	<i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	H	-
5	Asteraceae	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Hr/Ha	-
6	Asteraceae	<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene	He	-
7	Asteraceae	<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	H	-
8	Asteraceae	<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	Ar	T
9	Asteraceae	<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	He	-
10	Asteraceae	<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	He	T
11	Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	He/Hd	-
12	Caryophyllaceae	<i>Cerastium nutans</i> Raf.	H	-
13	Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Ha/Hr	-
14	Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	H	T
15	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	H	T
16	Dryopteridaceae	<i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel.	H	T
17	Dryopteridaceae	<i>Woodsia canescens</i> (Kunze) Mett.	H	T
18	Ericaceae	<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	Ar	-
19	Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i> Kunth	H	-
20	Fabaceae	<i>Lupinus splendens</i> Rose	Hs	-
21	Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	He/Ha	-
22	Geraniaceae	<i>Geranium potentillifolium</i> DC.	He/Hd	-
23	Lamiaceae	<i>Salvia prunelloides</i> Kunth	H	-
24	Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i> Kunth	Ar	-
25	Orchidaceae	<i>Schiedeella hyemalis</i> (A. Rich. & Galeotti) Burns-Bal.	H	-
26	Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schlttdl.	A	-
27	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	A	-

28	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	H	-
29	Plantaginaceae	<i>Sibthorpia repens</i> (L.) Kuntze	H	T
30	Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i> Poir	Ha	-
31	Poaceae	<i>Festuca lugens</i> (E. Fourn.) Hitchc. ex Hern.-Xol.	He	-
32	Poaceae	<i>Festuca tolucensis</i> Kunth	He	-
33	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	H	-
34	Poaceae	<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K. Richt.	He	-
35	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis lanceolata</i> (L.) Kaulf.	H	T
36	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. Ex Kunze) T. Moore	H	T
37	Rosaceae	<i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.	Hs/Hr	-

NP: Número Progresivo.

FV forma de vida; (A) árbol, (Ar) arbusto, (H) herbácea, (He) erecta, (Her) erguida, (Hd) decumbente, (Hr) rastrera, (Hs) subfruticosa y (Ht) trepadora.

TA tolerancia al agua ([§] Rzedowski, 2006); (Ac) acuática, (Sac) subacuática y (T) tolerante.

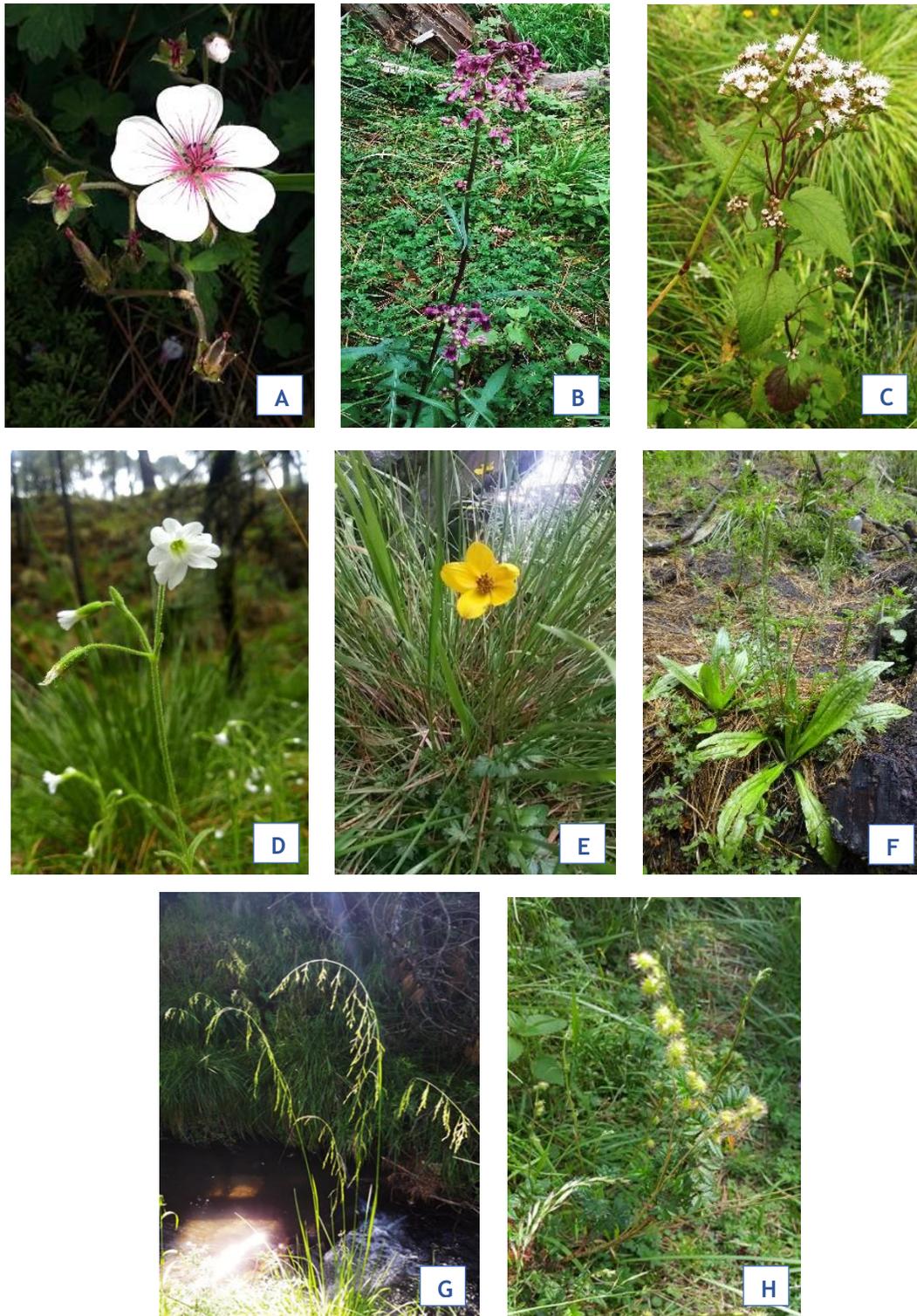


Figura 20. Especies de "Buenavista". A) *Geranium seemannii* Peyr., B) *Senecio callosus* Sch. Bip., C) *Ageratina pazcuarensis* (Kunth) R.M. King & H. Rob., D) *Cerastium nutans* Raf., E) *Bidens triplinervia* Kunth., F) *Plantago australis* Lam., G) *Festuca lugens* (E. Fourn.) Hitchc. ex Hern.-Xol., H) *Lachemilla procumbens* (Rose) Rydb.

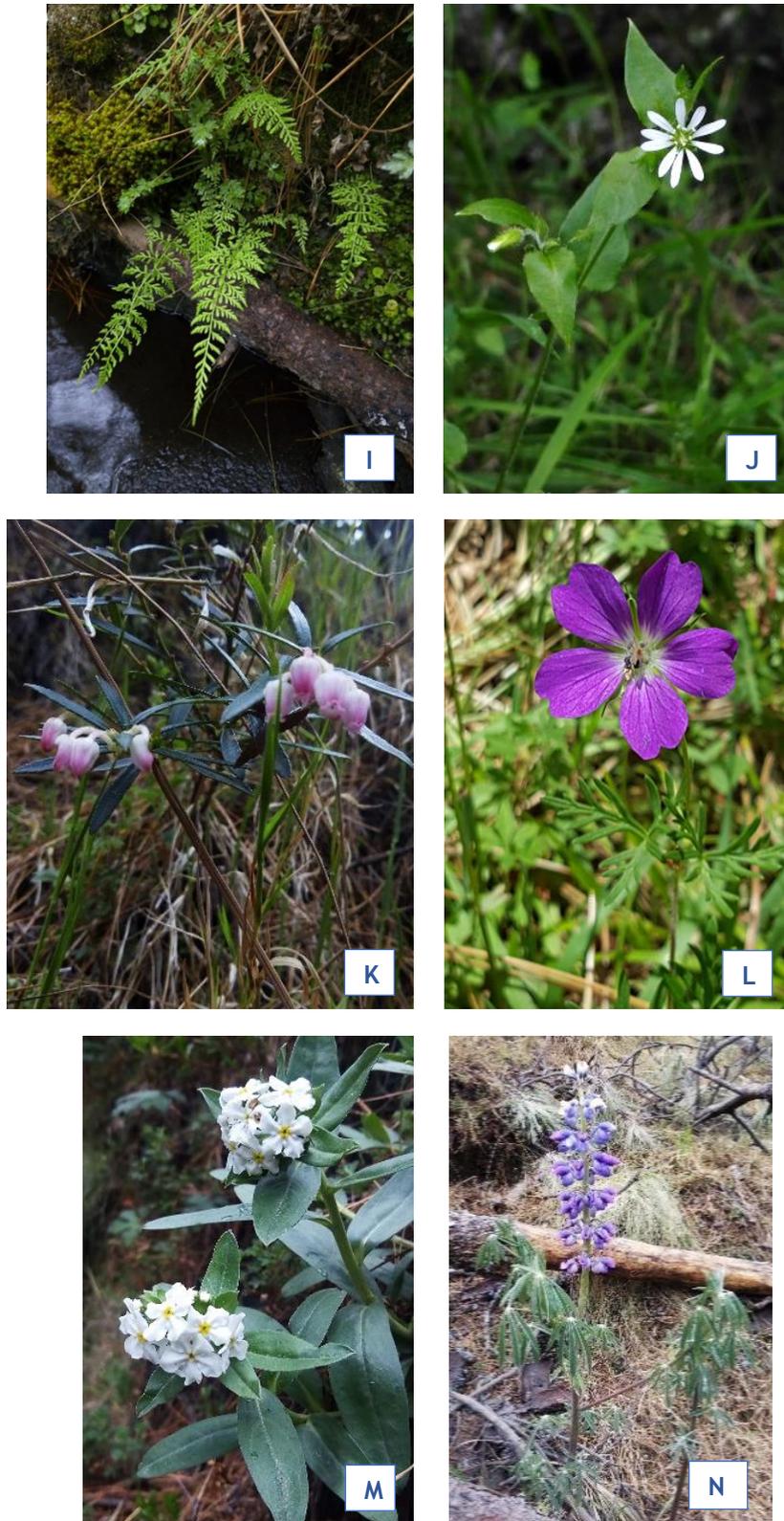


Figura 20. Continuación. I) *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., J) *Stellaria media* (L.) Vill., K) *Comarostaphylis discolor* (Hook.) Diggs., L) *Geranium potentillifolium* DC., M) *Lithospermum distichum* Ortega., N) *Lupinus montanus* Kunth.

9.2.3 Sitio 3: Santiago Xalitzintla

Este sitio se ubica en la localidad de Santiago Xalitzintla, Puebla, es el poblado más cercano al volcán, en las coordenadas UTM 547792 W y 2111726 N a una altitud de 2 679 m, el relieve es convexo con pendiente de 4-7 % moderadamente ondulado y tiene exposición al sureste. La temperatura promedio fue de 15.4 °C y la humedad de 47.2%. El uso del suelo es agrícola-forestal, a un lado (solana) del sistema ribereño de este sitio se encuentra un cultivo de maíz, lo que propicia una marcada erosión hídrica y eólica, y por el otro lado (umbría) un camino por el que transitan vehículos (Figura 21).



Figura 21. Sitio de estudio "Santiago Xalitzintla".

Sandoval (2016) determinó al suelo de este sitio como Fluvisol mólico el cual se desarrolla a partir de materiales acarreados de la ladera (solana) en distintos tiempos. La temperatura del suelo fue de 13.7 °C y el pH de 6.5. De acuerdo a Mena (2018), el suelo tuvo una textura arenosa franca y velocidad de infiltración de 3941.3 cm³ h⁻¹. Pérez en 2017 determinó que el azufre extractable del suelo fue de 14.7 mg kg⁻¹ y el azufre orgánico de 132.9 mg kg⁻¹. La materia orgánica contenida en el suelo fue de 3.6%, y 19 g CO kg⁻¹.

El río mide casi 2 m de ancho con una profundidad promedio de 22 cm (Figura 22), tiene una pendiente de 8.6% y se clasifica como tipo A según Rosgen (1994). El agua de este río se utiliza para el riego de los cultivos adyacentes, además, se observó la notable disminución de su nivel (hasta casi desaparecer) en la época de estiaje, su velocidad de corriente fue de 0.43 m s⁻¹ y el gasto de corriente de 922 m³ s⁻¹ (Mondragón, 2016). La temperatura promedio del agua fue de 10.47 °C, el pH de 6.3 y la alcalinidad de 34.1 CaCO₃ L⁻¹.

La vegetación natural cercana a este sitio ha sido removida, sin embargo, a lo largo del sistema ribereño se conserva una franja de vegetación, donde se registraron 23 especies de 16 familias (Cuadro 10) de los tres estratos de vegetación como *Salvia elegans*, *Ageratina glabrata*, *Salix bonplandiana* y *Pinus ayacahuite* (Figura 23). En el sitio se observó perturbación por el establecimiento de especies tales como *Equisetum hyemale var. affine* y *Rumex obtusifolius*, también se encontraron algunas especies de helechos (*Asplenium monanthes* y *Adiantum andicola*).

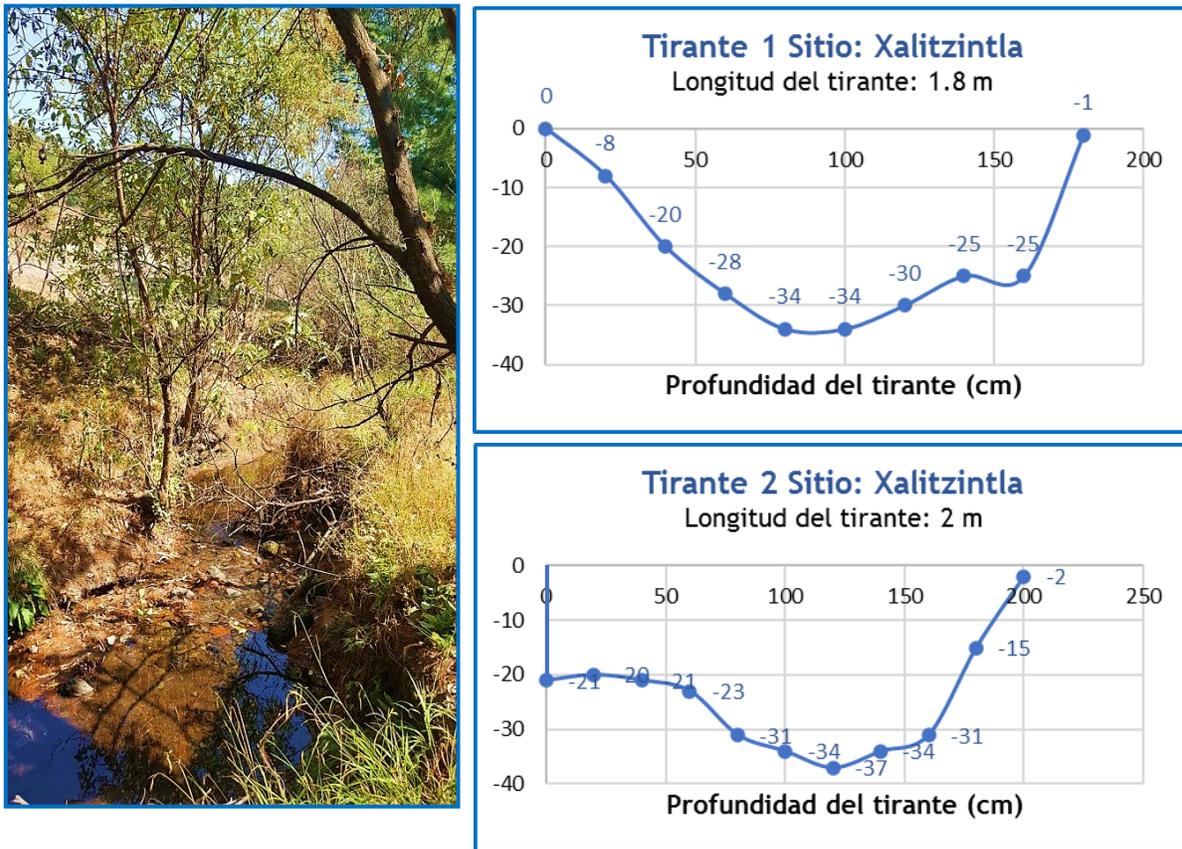


Figura 22. Río de "Santiago Xalitzintla" y su profundidad.

Cuadro 10. Listado de especies de " Santiago Xalitzintla (2 679 m)".

NP	Familia	Especie	FV	TA [§]
1	Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i> L.	H	T
2	Asteraceae	<i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Ar	-
3	Asteraceae	<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	Ar	T
4	Asteraceae	<i>Roldana barba-johannis</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	Ar	-
5	Brassicaceae	<i>Cardamine flaccida</i> Cham. & Schtdl.	H	T
6	Brassicaceae	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Ha-e	-
7	Equisetaceae	<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>affine</i> (Engelm.) A.A. Eaton	He	-
8	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	A/Ar	-
9	Geraniaceae	<i>Geranium seemanii</i> Peyr.	He/Ha	-
10	Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i> Vahl	H/Ar	T
11	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	H	-
12	Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schtdl.	A	-
13	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	H	-
14	Poaceae	<i>Agrostis perennans</i> (Walter) Tuck.	He/Hd	-
15	Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem. & Schult.) Enlace	H	T
16	Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	He	-
17	Poaceae	<i>Stipa clandestina</i> Hack.	Her	-
18	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.	H	-
19	Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Her	-
20	Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	H	T
21	Rosaceae	<i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.	Hs/Hr	-
22	Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	A	-
23	Scrophulariaceae	<i>Buddleia cordata</i> Kunth	A	-

NP: Número Progresivo.

FV forma de vida; (A) árbol, (Ar) arbusto, (H) herbácea, (He) erecta, (Her) erguida, (Hd) decumbente, (Hr) rastrera, (Hs) subfrutescente y (Ht) trepadora.

TA tolerancia al agua ([§] Rzedowski, 2006); (Ac) acuática, (Sac) subacuática y (T) tolerante.



Figura 23. Especies de "Santiago Xalitzintla" A) *Ageratina glabrata* (Kunth) R.M. King & H. Rob., B) *Rumex obtusifolius* L., C) *Equisetum hyemale* var. *affine* (Engelm.) A.A. Eaton., D) *Salix bonplandiana* Kunth., E) *Asplenium monanthes* L., F) *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schtdl., G) *Salvia elegans* Vahl. H) *Roldana barba-johannis* (DC.) H. Rob. & Brettell.

9.2.4 Sitio 4: San Nicolás de los Ranchos.

El sitio de estudio San Nicolás de los Ranchos se ubica en las coordenadas UTM 554726 W y 2108585 N, pertenece a la localidad y municipio que llevan el mismo nombre, en el estado de Puebla. Se localiza en la parte más baja de la cuenca a 2 419 m, donde el relieve es cóncavo con pendiente de 2-5% y exposición sureste. La temperatura fue de los 7-23.4 °C y la humedad del ambiente registró un promedio del 41.7 %.

Este sitio pertenece a una zona urbana donde el uso del suelo es agrícola, en ambos lados del río se realizan cultivos de temporal de *Zea mays* y *Vicia faba*, que tienen un efecto negativo en el sistema ribereño como la disminución de la vegetación natural, la compactación y la contaminación del suelo y del río, además de que se realizan actividades como el entubamiento de la red hídrica, que han modificado el paisaje ribereño (Figura 24).



Figura 24. Sitio de estudio "San Nicolás de los Ranchos".

El tipo de suelo de este sitio es Fluvisol háplico desarrollado a partir de depósitos de origen fluvial y material autóctono de pómez y riolita (Sandoval, 2016), la textura es franca arenosa y tuvo una velocidad de infiltración de $1\ 389.9\ \text{cm}^3\ \text{h}^{-1}$ (Mena, 2018). Pérez en 2017, cuantificó que el azufre extractable fue de $9.3\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ y el azufre orgánico de $132.6\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$. El contenido de materia orgánica y carbono es bajo (3.2% y $17\ \text{g}\ \text{CO}\ \text{kg}^{-1}$ respectivamente). La temperatura fue de $14.3\ ^\circ\text{C}$ y su pH de 6.8.

La pendiente del río es de 8.6% tipo A (Rosgen, 1994), su amplitud mide en promedio 1.9 m con una profundidad de 10 cm (Figura 25). Aunque no lo hace de manera considerable, el nivel del agua del río disminuye durante la época de estiaje. La velocidad de corriente fue de

0.81 m s⁻¹ y el gasto de corriente de 1970 m³ s⁻¹ (Mondragón, 2016). La temperatura del agua fue de los 10-17°C, el pH fue neutro (7.1) y la alcalinidad de 106 CaCO₃ L⁻¹.

El tipo de vegetación observado en este sitio es relicto de bosque de encino, donde la mayoría de la vegetación natural ha sido sustituida por árboles frutales como duraznos, tejocotes, peras, manzanas y capulines. Se colectaron 27 especies pertenecientes a 18 familias distribuidas en los tres estratos de vegetación que en su mayoría son malezas ruderales y/o arvenses indicadoras de perturbación (Cuadro 11). En el estrato arbóreo abundan especies como *Arbutus xalapensis* y *Prunus serotina*, por su parte en el estrato arbustivo *Solanum cervantesii* y *Barkleyanthus salicifolius*, mientras que en el estrato herbáceo se registraron *Polygonum aviculare*, *Cestrum roseum* y *Oxalis corniculata* (Figura 26).

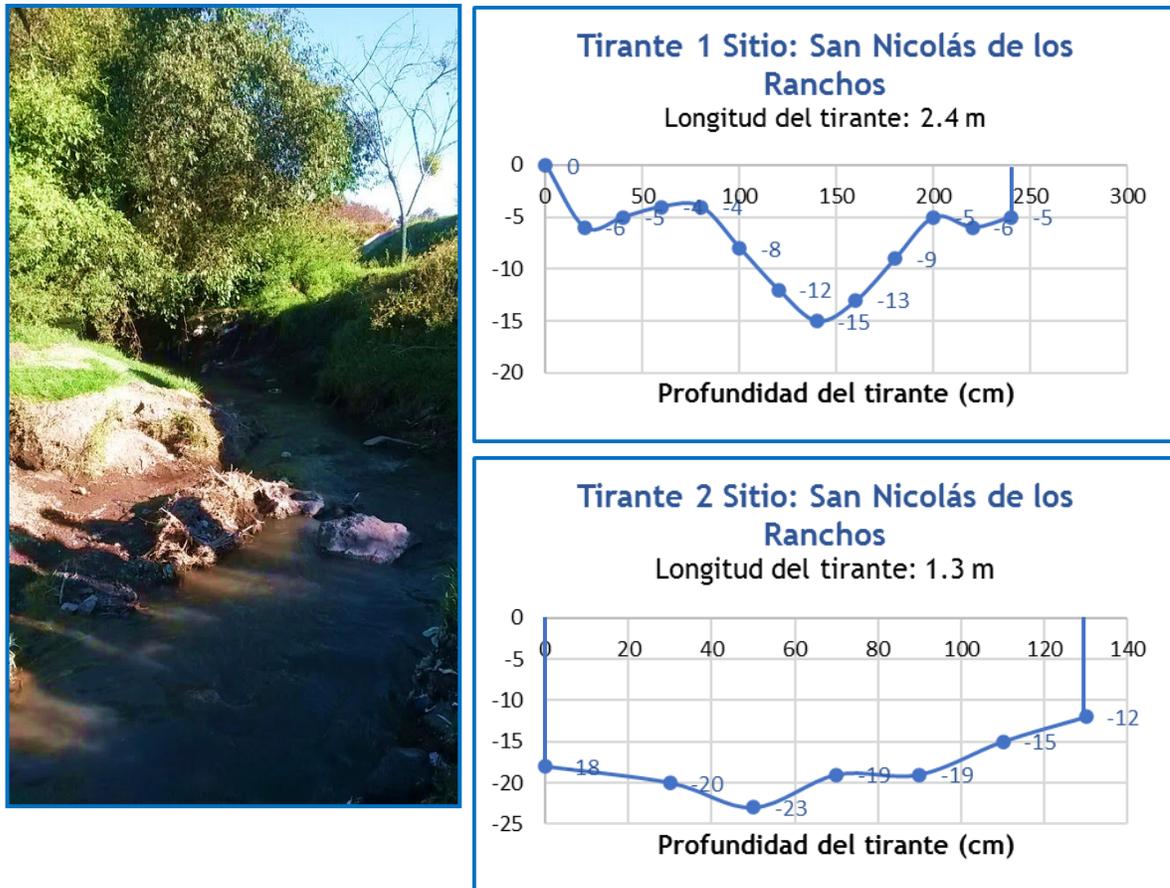


Figura 25. Río de "San Nicolás de los Ranchos" y su profundidad.

Cuadro 11. Listado de especies de " San Nicolás de los Ranchos" (2 419 m).

NP	Familia	Especie	FV	TA [§]
1	Asclepiadaceae	<i>Metastelma angustifolium</i> Turcz.	Ht	-
2	Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	Ar	-
3	Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	He	-
4	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (DC.) Anderb	H	-
5	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	H	-
6	Brassicaceae	<i>Descurainia virletii</i> (E. Fourn.) O. E. Schulz	He	-
7	Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	He/Ar	-
8	Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	H	-
9	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	A/Ar	-
10	Iridaceae	<i>Tritonia crocosmiiflora</i> G. Nicholson	H	T
11	Onagraceae	<i>Oenothera pubescens</i> Willd.ex Spreng.	He/Hd	-
12	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	He/Hd/Hr	-
13	Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet.	H	-
14	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	H	-
15	Poaceae	<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	He	-
16	Poaceae	<i>Polypogon interruptus</i> Kunth	Ha	T
17	Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Her	-
18	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	H	-
19	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. Ex Kunze) T. Moore	H	T
20	Polypodiaceae	<i>Polypodium madreense</i> J. Sm.	H	T
21	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	A	-
22	Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	A	-
23	Solanaceae	<i>Cestrum roseum</i> Kunth	A	-
24	Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) JL Gentry	He/Hd	-
25	Solanaceae	<i>Physalis sulphurea</i> (Fernald) Waterf.	H	T
26	Solanaceae	<i>Solanum cervantesii</i> Lag.	Ar/A	T
27	Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	He/Hd	-

NP: Número Progresivo

FV (forma de vida); (A) árbol, (Ar) arbusto, (H) herbácea, (He) erecta, (Her) erguida, (Hd) decumbente, (Hr) rastrera, (Hs) subfruticosa y (Ht) trepadora.

TA tolerancia al agua ([§] Rzedowski, 2006); (Ac) acuática, (Sac) subacuática y (T) tolerante.

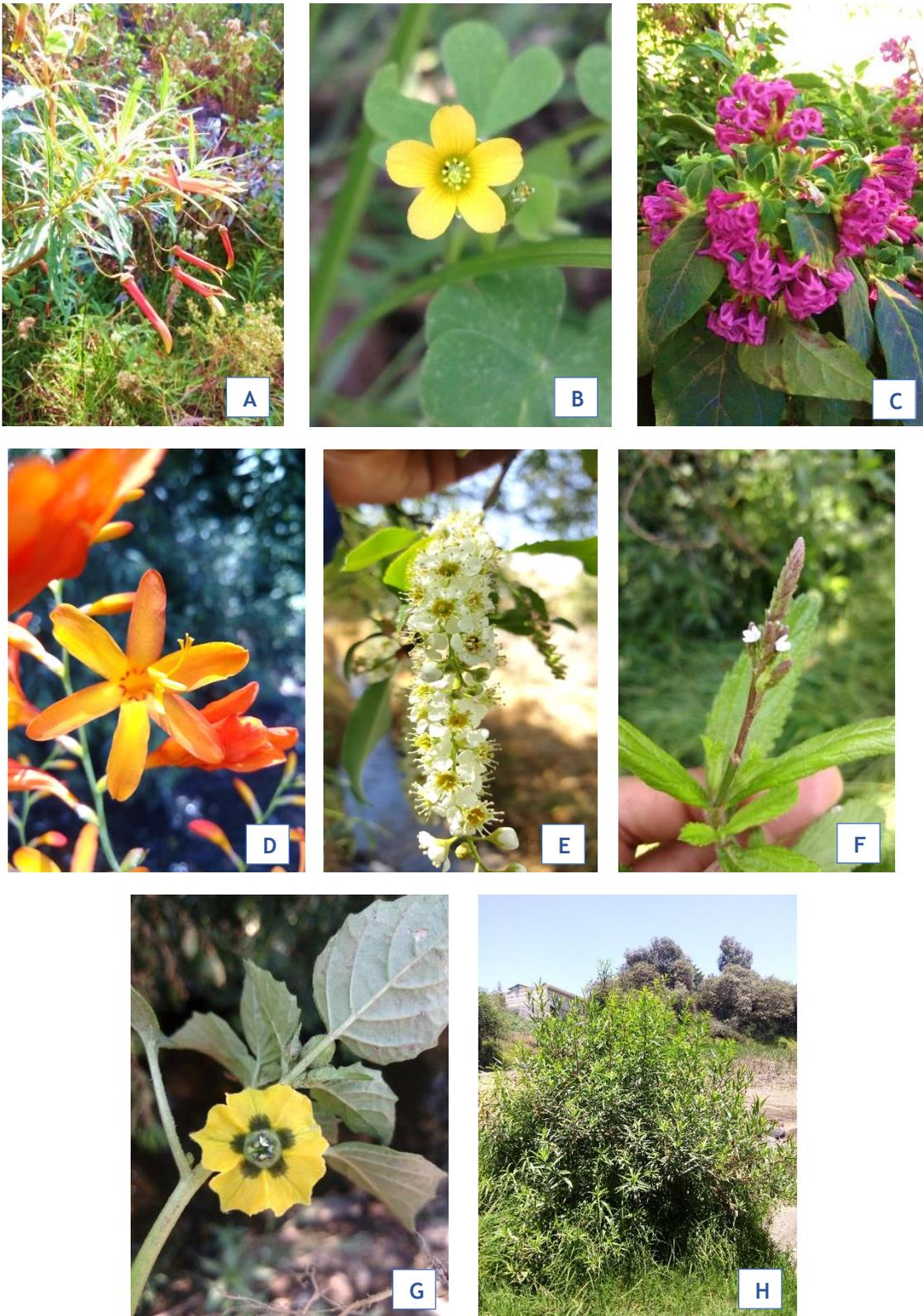


Figura 26. Especies de "San Nicolás de los Ranchos" ". A) *Lobelia laxiflora* Kunth., B) *Oxalis corniculata* L., C) *Cestrum roseum* Kunth., D) *Tritonia crocosmiiflora* G. Nicholson., E) *Prunus serotina* Ehrh., F) *Verbena carolina* L., G) *Physalis sulphurea* (Fernald) Waterf., H) *Salix bonplandiana* Kunth.

10. CONCLUSIONES

Se reconocieron 98 especies de plantas ribereñas en un gradiente altitudinal de 2 419 a 3 996 m donde las temperaturas oscilan entre 5 y 23 °C en las zonas altas y bajas respectivamente. Existen diferencias entre las propiedades físicas y químicas del suelo y agua en los cuatro sitios ribereños relacionadas con la altitud y la degradación de estos ambientes.

Epilobium ciliatum es un nuevo registro para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl, consecuentemente no está reportada en el listado florístico del actual Plan de Manejo, así como 52 especies de plantas ribereñas más que se desarrollan en la zona de influencia (Anexo 4).

Los sitios “Buenavista” y “La Ranita” que tienen mayor altitud son similares con respecto a su composición florística y comparten algún parecido con las especies ribereñas de Santiago Xalitzi. Lo anterior puede atribuirse a que en Santiago Xalitzi aún prevalece la vegetación forestal con cierto grado de fragmentación por parcelas de uso agrícola. En el sitio de San Nicolás de los Ranchos con mayor extensión en uso agrícola y urbano, la vegetación ribereña presenta el menor valor de semejanza respecto a los sitios más elevados que están en mayor estado de conservación. Existen cualitativa y cuantitativamente diferencias florísticas y ambientales entre los cuatro sitios, en los dos más altos el uso de suelo se encuentra mejor conservado, sin embargo, la creación de caminos para la práctica de actividades como el turismo, la agricultura y la ganadería representan la principal amenaza de destrucción y modificación de los ambientes ribereños.

A pesar de saber que la vegetación ribereña es un factor fundamental para la conservación de los recursos naturales y los servicios ambientales que sustentan dentro de las cuencas hidrográficas, aún se desconoce mucho acerca de ella en los ecosistemas ribereños de montaña. Con esta investigación se contribuyó a incluir especies en los listados florísticos del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl y su zona de influencia, así como las relaciones fundamentales con las condiciones de los suelos ribereños en las que se encuentran, sin embargo, es necesario ampliar la información florística de estos ambientes, para ello se sugiere realizar más estudios en los mismos sitios o similares a estos en sus condiciones edafológicas, puesto que en ocasiones no fue posible coleccionar especies por falta de estructuras vegetativas o por que no estaban en etapa de floración. También se sugiere realizar muestreos en más sitios para abarcar un mayor escalonamiento altitudinal para conocer patrones de conectividad de los ambientes ribereños.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Becerra Rodas, C. K. (2013). *Flora y vegetación ribereña en la Reserva Nacional Trapananda, Región de Aysén, Chile. (Tesis de Pregrado)*. Universidad Austral de Chile: Valdivia.
- (México)., I. N. (22 de octubre de 2019). *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México*. Obtenido de Red universitaria de aprendizaje:
https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf
- Agua, I. M. (18 de julio de 2019). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Blog*. Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369>
- Almeida Leñero, L., Escamilla, M., Giménez de Azcárate, J., González Trápaga, A., & M. Cleef, A. (2007). Vegetación alpina de los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca. En I. Luna Vega, J. J. Morrone, & D. Espinosa, *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pág. 514). México: FES Zaragoza-CONABIO.
- Almeida-Leñero, L., Giménez de Azcárate, J., Cleef, A., & González Trápaga, M. A. (2004). Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca, Región Central de México. *Phytocoenologia*, 34(1), 91-132.
- Arcos Torres, I. (2005). *Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras (Tesis Magister Scientiae)*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Bentrup, G. (2008). *Zonas de amortiguamiento para conservación: Lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes*. Asheville: USDA.
- Blanco Garrido, F., López Albacete, I., Herrera Grao, A., Magdaleno Mas, F., & Martínez, R. (2011). *Relación en tre vegetación riparia y caudales: resultados preliminares en tramos fluviales del sur de España*. Málaga, España: MEDIODES.
- Bonilla-Barbosa, J. R. (2007). Flora Acuática Vascular. En I. Luna Vega, J. Morrone, & D. Espinosa, *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (págs. 113-128.). México: Universidad Nacional Autónoma de México y CONABIO.
- Bonilla-Barbosa, J. R. (2013). *Flora acuática vascular del estado de Hidalgo: Cuenca hidrológica del Río Moctezuma, México*. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas.
- Briones González, J. A. (2011). *Deterioro Ambiental en la Vegetación Ribereña del río Magdalena, D. F., México. (Tesis de Licenciatura)*. México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (Vols. 2a. ed., 1a reimp). Pátzcuaro (Michoacán): Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Camacho-Rico, F., Trejo, I., & Bonfil, C. (2006). Estructura y composición de la vegetación ribereña de la Barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*(78), 17-31.
- Camprodon, J., Ferreira, M. T., & Ordeix, M. (2012). *Restauración y gestión ecológica fluvial: un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas*. Cataluña, España: Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
- Castillejos Cruz, C. (2017). Estudio florístico de ambientes ribereños de alta montaña en el volcán Iztaccíhuatl. En G. Cruz Flores, & E. A. Guerra Hernández, *Ecosistemas ribereños de montaña: descripción y estudio* (págs. 89-106). México: UNAM, FES Zaragoza.
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y la conservación de las cuencas hidigráficas. *Ciencias*, 72, 46-53.
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos en México. En O. Sánchez, M. Herzing, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecocistemas acuáticos en México* (págs. 37-67). México: Progreso.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En CONABIO, *Capital natural de México* (Vol. vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, págs. 87-108). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cloter Ávalos, H. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. México: Pluralia Ediciones e Impresiones S.A. de C.V.
- Collados, D. B., Zapata, V. M., Velasco García, J., Millán Sánchez, A., Calvo Sendín, J. F., & Robledano Aymerich, F. (2014). *Inventario de especies vegetales riparias y calidad de las riberas en el ámbito del proyecto life+ripisilvanatura*. Murcia, España.: Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.
- CONABIO. (3 de diciembre de 2019). *Malezas de México*. Obtenido de Malezas de México: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
- CONANP. (2013). *Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONANP. (3 de diciembre de 2019). *Listado de Especies del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl*. Obtenido de Listado de Especies del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl: http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/iztapopo/documentos/listado_de_especies_pn_izta-popo.pdf
- CONANP. (18 de 02 de 2020). *Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan - Conanp*. Obtenido de Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan - Conanp: <http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/iztapopo/index.php>
- CONANP. (18 de febrero de 2021). *SIMEC*. Obtenido de Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=87®=11>

- Cruz Flores, G., & Guerra Hernández, E. (2017). *Ecosistemas ribereños de montaña: descripción y estudio*. México: UNAM, FES Zaragoza.
- Cruz-Flores, G., & Guerra-Hernández, E. A. (2017). Guía práctica para la descripción de los ambientes ribereños. En G. Cruz-Flores, & E. A. Guerra-Hernández, *Ecosistemas ribereños de montaña: descripción y estudio* (págs. 147-154). Ciudad de México: FES Zaragoza UNAM.
- Cuanalo de la Cerda, H. (1981). *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo*. Chapingo, México: Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados.
- Díaz Pascacio, E. (2016). *Condición de la zona ribereña: Influencia del uso de suelo en un gradiente urbano-rural del sur de México. Tesis de Maestría*. Villahermosa, Tabasco: El Colegio de la Frontera Sur.
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA.
- Escalona-Domenech, R., Infante-Mata, D., García-Alfaro, J., Ramírez-Marcial, N., Ortiz-Arrona, C., & Barba-Macías, E. (2021). Calidad de las riberas en tres tipos de cobertura vegetal en un río de la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*(92), 1-22.
- Flores Díaz, A., & Maass Moreno, J. (2020). *¿En qué nos beneficia cuidar las riberas de ríos y arroyos?* México: SEMARNAT.
- Francis, R. (2006). Allogenic and autogenic influences upon riparian vegetation dynamics. *Area*, 38, 453-464.
- García Vera, G. A. (2020). Entre la tierra y el agua: la importancia de los ecosistemas ribereños. *Nuestra Tierra*(33), 11-14.
- Giménez de Azcárate, J., Escamilla Weinmann, M. E., & Almeida Leñero, A. (2009). Datos sobre la vegetación higrófila altimontana del Volcán Iztaccíhuatl (México). *Lazaroa*, 109-118.
- González del Tánago, M. (1996). Impacto de la agricultura en los sistemas fluviales. Técnicas de restauración para la conservación del suelo y agua. *Agricultura y Sociedad*, 211-236.
- González del Tánago, M. (1999). Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua. En F. J. Martínez Gil, & P. Arrojo Agudo, *El agua a debate desde la Universidad : hacia una nueva cultura del agua : 1er Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas* (págs. 499-512). Madrid: Institución Fernando el Católico.
- González del Tánago, M., & García del Jalón, D. (2006). Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica*, 389-402.
- González del Tánago, M., & García del Jalón, D. (2011). Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30(2), 235-254.
- González del Tánago, M., García de Jalón, D., Lara, F., & Garilletei, R. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*, 97-108.

- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(1), 55-69.
- Grants, N. S. (3 de diciembre de 2019). *Portal de datos SEINet*. Obtenido de Portal de datos SEINet: <http://swbiodiversity.org/seinet/index.php>
- Gregory, S. V., Swanson, F. J., McKee, W. A., & Cummins, K. W. (1991). An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. *BioScience*, 41, 540-550.
- Guerra Hernández, E. A. (2020). *Indicadores hídrico-edáficos de calidad para ambientes ribereños de la reserva de la biosfera "Los Volcanes"*. Tesis Doctoral. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guerra-Hernández, E. A., & Cruz Flores, G. (2017). Uso de suelo y calidad del agua. Caso de estudio: Reserva de la Biosfera Los Volcanes. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 8(18), 41-67.
- Guerra-Hernández, E. A., & Cruz-Flores, G. (2014). *Métodos de Evaluación y Diagnóstico para Agua y Suelo*. México: UNAM, FES Zaragoza.
- Guevara, G., Reinoso, G., García, J. E., Franco, L. M., García, L. J., Yara, D. C., . . . Olaya, E. J. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. *Tumbaga*, 109-127.
- Gutierrez Rojas, Y. A. (2009). *Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Hernández-García, M. A., & Granados-Sánchez, D. (2006). El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y el impacto ecológico-social de su deterioro. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 101-109.
- Herrera Calvo, P., & Díaz Varela, E. (2013). Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. En L. S. Ganges, *Planificación espacial y conectividad ecológica: Los corredores ecológicos*. (págs. 43-70). Valladolid, España.: Universidad de Valladolid, Instituto Universitario de Urbanística.
- INECOL. (jueves de agosto de 2020). *Inecol*. Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1014-la-funcion-de-la-vegetacion-riberena-y-la-calidad-de-los-rios#:~:text=Al%20retener%20el%20agua%2C%20la,a%20las%20corrientes%20de%20agua>.
- INEGI. (2019). *Cuenca hidrológica Alto Atoyac : humedales : informe técnico*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Lefevre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). *Carbono orgánico del suelo, el potencial oculto*. Roma, Italia: FAO.
- López López, H. A., & Durán Fernández, A. (2004). *"Fábrica de Agua en la región del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl"*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BQ010.

- Lot, A., Olvera, M., Flores, C., & Dí, A. (2015). *Guía Ilustrada: Plantas Indicadoras de Humedales*. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Lot Helgueras, A., Llamas Torres, I., Ramírez García-Armora, P., & Argüello Velázquez, J. A. (2012). *Restauración de Ecosistemas Riparios en las Subcuencas del Sistema Cutzamala*. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Lot, A. (1986). Manual de Herbario. En A. Lot, & F. Chiang, *Manual de herbario* (págs. 87-92). México: Consejo Nacional de la Flora de México.
- Magdaleno-Mas, F. (2013). Las riberas fluviales. *Ambienta*, 90-101.
- Mazzola, M., Kin, A., Morici, E., Babinec, F., & Tamborini, G. (2008). Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 43 (1-2): 103-119.
- Meli, P. (2014). *Restauración de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas ribereños y otros humedales. Meta-análisis global y evaluación de especies útiles en el trópico húmedo mexicano. (Tesis Doctoral)*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- Meli, P., Ruiz, L., & Carabias, J. (2015). La vegetación riparia. En J. Carabias, J. De la Maza, & R. Cadena, *Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias* (págs. 115-128). México: Natura y Ecosistemas Mexicanos.
- Mena Bailón, B. C. (2018). *Infiltración de agua en suelos ribereños con distintos tipos de vegetación en el Parque Nacional Izta-Popo y sus zonas de influencia. (Tesis de Licenciatura)*. México: FES Zaragoza, UNAM .
- Mendoza Cariño, M. (2014). *Vegetación ribereña: indicador de la salud del río de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán. (Tesis Doctoral)*. Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados.
- Mendoza-Cariño, M., Quevedo-Nolasco, A., Bravo-Vinaja, Á., Flores-Magdaleno, H., De la Isla De Bauer, M., Gavi-Reyes, F., & Zamora-Morales, B. P. (2014). Estado Ecológico de Ríos y Vegetación Ribereña en el Contexto de la Nueva Ley General de Aguas de México. *Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(4), 429-436.
- Mickel, J. T., & Smith, A. R. (2004). *The pteridophytes of Mexico Part I*. New York: The New York Botanical Garden.
- Miranda, F., & Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su Clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 29-179.
- Missouri, J. B. (3 de diciembre de 2019). *Tropicos*. Obtenido de Tropicos: <https://www.tropicos.org/>
- Möller, P. (2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gestión Ambiental*(21), 96-106.
- Mondragón, D. (2016). *Uso de suelo y contenidos de nitrógeno en sistemas ribereños del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl*. México: FES ZARAGOZA UNAM.

- Monfil Hernández, L. F. (2020). *Calidad ecológica de dos sistemas ribereños de montaña y su relación con el uso de suelo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mora Olivo, A., Villaseñor, J. L., & Martínez, M. (2013). Las plantas vasculares estrictas y su conservación en México. *Acta botánica mexicana*, 103: 27-63.
- Moreno Jiménez, V., Castillo Acosta, O., Gama Campillo, L., Zavala Cruz, J., & Ortiz Pérez, M. A. (2017). Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco. *Madera y Bosques*, 23(1), 91-109.
- Moreno-Jiménez, V., Castillo-Acosta, O., Gama-Campillo, L., Zavala-Cruz, J., & Ortiz-Pérez, M. A. (2017). Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 91-109.
- Moreno-Jiménez, V., Gama-Campillo, L. M., Romero-García, A., Ochoa-Gaona, S., Contreras-Sánchez, W. M., Jiménez-Pérez, N. d., & Mata-Zayas, E. E. (2019). Características del paisaje y su relación con la diversidad y estructura de la vegetación ribereña del sureste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 126, 1-20.
- Naiman J., R., Decamps, H., & Pollock, M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 3(2), 209-212.
- Naiman, R. J., & Décamps, H. (1997). The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 621-658.
- Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2005). *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. San Diego, California: Elsevier: Academic Press.
- National Research Council. (2002). *Riparian Areas: Functions and Strategies for Management*. Washington, DC: The National Academies Press. Obtenido de <https://doi.org/10.17226/10327>
- Neyra González, L., & Durand Smith, L. (1998). Biodiversidad. En CONABIO, *La diversidad biológica de México: Estudio de País* (págs. 61-102). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ochoa Gaona, S., Ramos Ventura, L. J., Moreno Sandoval, F., Jiménez Pérez, N. d., Haas Ek, M. a., & Muñiz Delgado, L. E. (2018). Diversidad de flora acuática y ribereña en la cuenca del río Usumacinta, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.*, 89:3-44 .
- Panareda Clópes, J. M. (2009). Evolución en la percepción del paisaje de ribera. *Boletín de la A.G.E.*(51), 305-324.
- Pérez Reyes, Y. (2017). *Contenidos de azufre en diferentes componentes del ambiente en un sistema fluvial del Parque Nacional IztaPopo y su zona de influencia en la cuenca Alta del Balsas. (Tesis de Licenciatura)*. México: FES ZARAGOZA UNAM.
- Posada Posada, M. I., & Arroyave Maya, M. (2015). Análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La Miel, Caldas, Colombia. *EIA*, 12(23), 117-128.

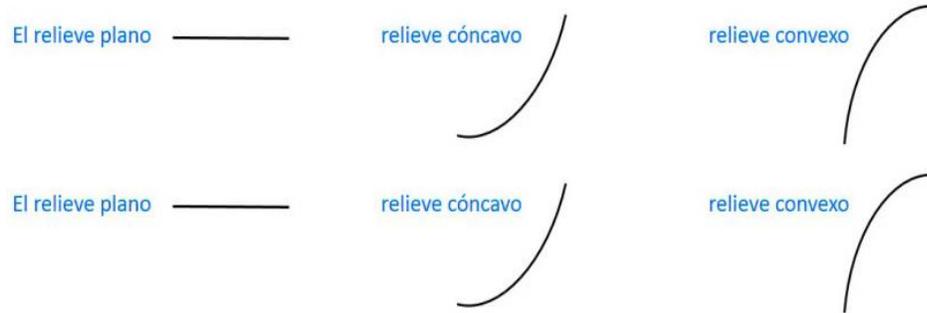
- Rial B., A. (13 de enero de 2003). El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 119-132. Caracas, Venezuela: Museo de Historia Natural La Salle.
- Rico-Gray, V., & Palacios-Ríos, M. (1996). Salinidad y el nivel del agua como factores de la distribución de la vegetación en la cienaga del nw de Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana*, 34:53-61.
- Rodríguez-Téllez, E., García-De-Jalón, D., Pérez-López, M. E., Torres-Herrera, S. I., Ortiz-Carrasco, R., Pompa-García, M., . . . Vázquez-Vázquez, L. (2016). Caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, Durango, México. *Hidrobiológica*, 26(1), 35-40.
- Romero Soto, F., Cozano, M., Gangas Fuentealba, R., & Naulin Gysling, P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*, 35(1), 3-12.
- Rosgen, D. L. (1994). A classification of natural rivers. *Catena*, 22(3), 169-199.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ra. Edición digital ed.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez González, A., & López Mata, L. (2003). Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Serie Botánica*, 74(1), 47-71.
- Sánchez Gutiérrez, F., Valdez Hernández, J. I., Hernández de la Rosa, P., Sánchez Escudero, J., Sol Sánchez, Á., Castillejos Cruz, C., & Brindis-Santos, A. (2021). estructura y composición arbórea en un gradiente altitudinal del Área Natural Protegida Metzabok, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 12-22.
- Sandoval Aparicio, J. C. (2016). *Caracterización y clasificación de suelos de sistemas ribereños del Parque Nacional Izta-Popo. (Tesis de Licenciatura)*. México: FES Zaragoza, UNAM.
- Sandoval Aparicio, J. C. (2020). *Catenas de suelos ribereños del Iztaccíhuatl bajo diferentes tipos de vegetación: origen y captura de carbono. Tesis de Maestría*. Montesillo, Texcoco. México.: Colegio de Postgraduados.
- SEMARNAT. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2014). *Ríos libres y vivos, introducción al caudal ecológico y reservas de agua*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2018). *Lagos y sus cuencas, construyendo la gobernanza. Número 8. Serie manejo de cuencas*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2018). *Servicios ecosistémicos. Fundamentos desde el manejo de cuencas*. México: SEMARNAT.
- Serrudo, J. (06 de 05 de 2019). *El Tribuno*. Obtenido de El Tribuno: <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-5-6-0-0-0-el-divorcio-de-las-aguas>
- Soria Bances, M. (2018). *Efecto del estado ecológico de las franjas ribereñas y de los usos de la tierra sobre la calidad de agua de la subcuenca del río El Hato: San Agustín Acasaguastlán. Tesis de*

Licenciatura. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.

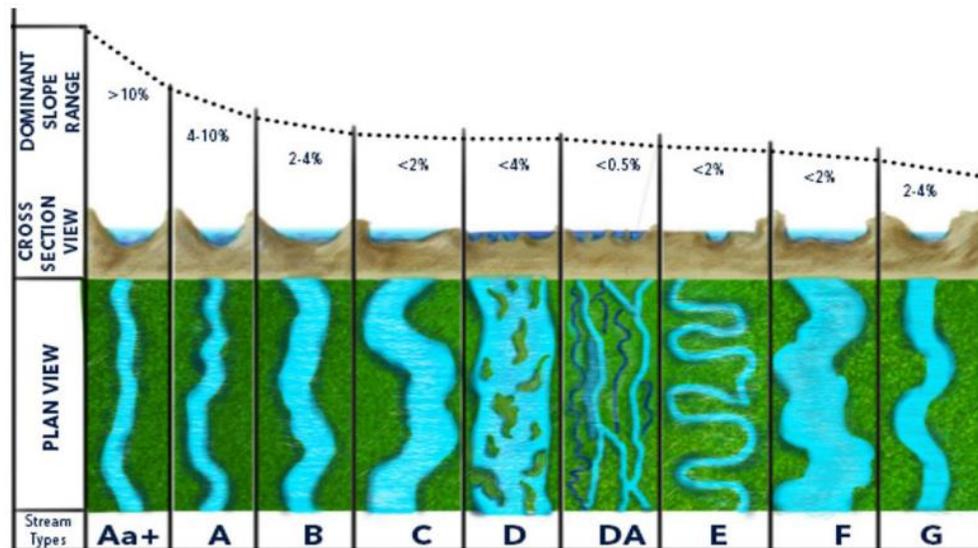
- Soria Bances, M. G. (2018). *Efecto del estado ecológico de las franjas ribereñas y de los usos de la tierra sobre la calidad de agua de la subcuenca del río el Hato: San Agustín Acasaguastlán*. Guatemala de la Asunción: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR.
- Steinmann, V. W., Arredondo Amezcua, L., Ramírez Amezcua, Y., Maza-Villalobos Méndez, S., Hernández Cárdenas, R. A., & Mastretta Yanes, A. (2019). La vegetación alpina Mexicana: islas frías sobre las nubes. *Biodiversitas*(142), 2-6.
- Steinmann, V., Ramírez-Amezcua, Y., Arredondo-Amezcua, L., & Hernández-Cárdenas, R. A. (2017). *Flora Alpina del Centro de México. Informe final-SNIB-CONABIO proyecto JF076*. México: Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío.
- Suárez-Mota, M. E., Téllez-Valdés, O., Lira-Saade, R., & Villaseñor, J. L. (2013). Una regionalización de la faja volcánica transmexicana con base en su riqueza florística. *Botanical Sciences*, 91(1), 93-105.
- Tiner W., R. (1991). The concept of a hydrophyte for wetland identification. *Bioscience*, 41: 236-247.
- Vázquez, G., García Franco, J. G., Castillo, G., Escobar, F., Guillén, A., Martínez, M. L., . . . Galindo, J. (2015). Ecosistemas ribereños: un paisaje fragmentado. *Biodiversitas*, 119, 7-11.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, F., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2006). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Villicaña Durán, J. C. (2012). *Propuesta de Método de Evaluación Integral de Ecosistemas Riparios*. Huixquilucan, Estado de México.: TESH.

12. ANEXOS

1. Formas de relieve. Formas terrestres donde se encuentra el sitio; exposición fisiográfica y pendiente (Cuanalo,1981). Tomado de (Cruz Flores & Guerra Hernández, 2017).



2. Descripción general de los tipos de ríos, de acuerdo al perfil longitudinal, la sección transversal y el plano asociado a la pendiente del terreno propuesto por Rosgen (1994). Tomado de (Cruz Flores & Guerra Hernández, 2017).



Clasificación geomórfica de Ríos (Rosgen, 1994):

1. Ríos tipo Aa+ muy inclinados >10% pendiente y tipo A con pendiente entre 4 y 10%. Con cascadas y desniveles espaciados. Alto transporte de escombros, materia orgánica, etc. en sus corrientes.
2. Ríos tipo B con pendiente entre 2 y 4%. Son dominadas con "rápidos" y socavamiento, y poca frecuencia en el espaciamiento de curvas o zonas de estrechamiento.
3. Los tipos de Ríos C, < 2%; DA, <0.5 %; E<2% y F < 2%, son suaves en gradiente de desnivel.
4. Los tipos de ríos G están "quebradas" que por lo general son los canales de paso / piscina.
5. Las corrientes de tipo D son canales trenzados con procesos de convergencia/divergencia conducente a formas de fondo socavamiento.

3. Listado florístico tomado del Programa de Manejo del parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl (2013), las especies señaladas en color azul corresponden a las encontradas en el presente estudio.

REINO PLANTAE (FLORA)

Orden/Familia	Nombre científico	
División Pteridophyta (helechos)		
Clase Polypodiopsida		
ORDEN FILICALES (POLYPODIALES)		
Familia Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	
Familia Woodsiaceae	<i>Cystopteris fragilis</i>	Familia correcta: Cystopteridaceae
Familia Dryopteridaceae	<i>Dryopteris filix-mas</i>	
	<i>Phanerophlebia nobilis</i>	
	<i>Polystichum speciosissimum</i>	
Familia Polypodiaceae	<i>Polypodium lanceolatum</i>	Sinonimo: <i>Pleopeltis lanceolata</i>
División Coniferophyta		
Clase Pinopsida		
ORDEN PINALES		
Familia Cupressaceae	<i>Juniperus monticola f. compacta</i>	
Familia Pinaceae	<i>Abies religiosa</i>	
	<i>Pinus ayacahuite var. ayacahuite</i>	
	<i>Pinus ayacahuite var. veitchii</i>	
	<i>Pinus hartwegii</i>	
	<i>Pinus montezumae</i>	
División Magnoliophyta		
Clase Magnoliopsida		
Subclase Asteridae		
ORDEN ASTERALES		
Familia Compositae (Asteraceae)	<i>Achillea millefolium</i>	
	<i>Baccharis conferta</i>	
	<i>Cirsium ehrenbergii</i>	
	<i>Cirsium nivale</i>	
	<i>Conyza coronopifolia</i>	
	<i>Conyza schiedeana</i>	Sinonimo: <i>Laennecia schiedeana</i>
	<i>Erigeron galeottii</i>	
	<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	Sinonimo: <i>Ageratina pazcuarensis</i>
	<i>Eupatorium prunellifolium</i>	
	<i>Eupatorium vernicosum</i>	
	<i>Gnaphalium americanum</i>	Sinonimo: <i>Gamochoeta americana</i>
	<i>Gnaphalium lavandulaceum</i>	
	<i>Gnaphalium liebmannii var. liebmannii</i>	
	<i>Gnaphalium liebmannii var. monticola</i>	
	<i>Gnaphalium sarmentosum</i>	
	<i>Gnaphalium standleyi</i>	

Orden/Familia	Nombre científico	
	<i>Haplopappus stoloniferus</i>	
	<i>Hieracium mexicanum</i>	
	<i>Oxylobus arbutifolius</i>	
	<i>Senecio angulifolius</i>	Sinonimo: <i>Roldana angulifolia</i>
	<i>Senecio argutus</i>	
	<i>Senecio bellidifolius</i>	
	<i>Senecio callosus</i>	
	<i>Senecio cinerarioides</i>	
	<i>Senecio gerberifolius</i>	Sinonimo: <i>Robinsonecio gerberifolius</i>
	<i>Senecio mairetianus</i>	
	<i>Senecio orizabensis</i>	
	<i>Senecio platanifolius</i>	
	<i>Senecio procumbens</i>	
	<i>Senecio reticulatus</i>	
	<i>Senecio roseus</i>	
	<i>Senecio salignus</i>	
	<i>Senecio sinuatus</i>	
	<i>Senecio toluccanus</i>	
	<i>Taraxacum officinale</i>	
ORDEN CAMPANULALES		
Familia Campanulaceae	<i>Lobelia nana</i>	
ORDEN DIPSACALES		
Familia Valerianaceae	<i>Valeriana clematitis</i>	
	<i>Valeriana densiflora</i>	
ORDEN GENTIANALES		
Familia Gentianaceae	<i>Gentiana ovatiloba</i>	
	<i>Gentiana perpusilla</i>	
ORDEN LAMIALES		
Familia Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i>	
Familia Labiatae (Lamiaceae)	<i>Stachys repens</i>	
Familia Verbenaceae	<i>Verbena recta</i>	
	<i>Verbena teucriifolia</i>	
ORDEN PLANTAGINALES		
Familia Plantaginaceae	<i>Plantago toluccensis</i>	
	<i>Plantago tubulosa</i>	
ORDEN SCROPHULARIALES		
Familia Scrophulariaceae	<i>Castilleja moranensis</i>	
	<i>Castilleja pectinata</i>	
	<i>Castilleja toluccensis</i>	
	<i>Gratiola oresbia</i>	
	<i>Limosella aquatica</i>	
	<i>Penstemon gentianoides</i>	Familia correcta: Plantaginaceae
	<i>Penstemon roseus</i>	

Orden/Familia	Nombre científico
ORDEN SOLANALES	
Familia Solanaceae	<i>Solanum demissum</i>
Subclase Caryophyllidae	
ORDEN CARYOPHYLLALES	
Familia Caryophyllaceae	<i>Arenaria bourgaei</i>
	<i>Arenaria bryoides</i>
	<i>Arenaria oresbia</i>
	<i>Arenaria reptans</i>
	<i>Cerastium orithales</i>
	<i>Cerastium purpusii</i>
	<i>Cerastium vulcanicum</i>
	<i>Colobanthus quitensis</i>
	<i>Drymaria effusa</i>
	<i>Drymaria glandulosa</i>
	<i>Sagina procumbens</i>
	<i>Stellaria umbellata</i>
Familia Portulacaceae	<i>Calandrinia megarhiza</i>
	<i>Montia chamissoi</i>
	<i>Montia fontana</i>
ORDEN POLYGONALES	
Familia Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>
Subclase Dilleniidae	
ORDEN CAPPARALES	
Familia Cruciferae	<i>Cardamine flaccida</i>
	<i>Descurainia impatiens</i>
	<i>Draba jorullensis</i>
	<i>Draba nivicola</i>
	<i>Halimolobos berlandieri</i>
	<i>Thlaspi mexicanum</i>
ORDEN ERICALES	
Familia Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
	<i>Vaccinium geminiflorum</i>
ORDEN SALICALES	
Familia Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i>
ORDEN VIOLALES	
Familia Violaceae	<i>Viola hemsleyana</i>
	<i>Viola humilis</i>
Subclase Hamamelidae	
ORDEN FAGALES	
Familia Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i>
Familia Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>
Subclase Magnoliidae	
ORDEN RANUNCULALES	
Familia Berberidaceae	<i>Berberis schiedeana</i>

Orden/Familia	Nombre científico	
Familia Ranunculaceae	<i>Ranunculus donianus</i>	
	<i>Ranunculus multicaulis</i>	
Subclase Rosidae		
ORDEN APIALES		
Familia Umbelliferae (Apiaceae)	<i>Eryngium carlinae</i>	
	<i>Eryngium proteiflorum</i>	<i>Eryngium proteaeflorum</i>
	<i>Eryngium subacaule</i>	
	<i>Oreomyrrhis orizabae</i>	
	<i>Tauschia alpina</i>	
ORDEN FBALES		
Familia Leguminosae (Fabaceae)	<i>Lupinus aschenbornii</i> var. <i>aschenbornii</i>	
	<i>Lupinus aschenbornii</i> var. <i>cervantesii</i>	
	<i>Lupinus montanus</i>	
ORDEN GERANIALES		
Familia Geraniaceae	<i>Geranium cruceroense</i>	
	<i>Geranium potentillifolium</i>	
Familia Oxalidaceae	<i>Oxalis alpina</i>	
ORDEN ROSALES		
Familia Crassulaceae	<i>Echeveria secunda</i>	
	<i>Sedum clavifolium</i>	
	<i>Sedum minimum</i>	
Familia Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>	
Familia Rosaceae	<i>Acaena elongata</i>	
	<i>Alchemilla procumbens</i>	Sinonimo: <i>Lachemilla procumbens</i>
	<i>Alchemilla vulcanica</i>	Sinonimo: <i>Lachemilla vulcanica</i>
	<i>Potentilla candicans</i>	
	<i>Potentilla ranunculoides</i>	
	<i>Potentilla richardii</i>	
ORDEN SANTANALES		
Familia Viscaceae	<i>Arceuthobium globosum</i>	
	<i>Arceuthobium vaginatum</i>	
Clase Liliopsida		
ORDEN ASPARAGALES		
Familia Alliaceae	<i>Allium glandulosum</i>	
ORDEN COMMELINALES		
Familia Commelinaceae	<i>Commelina orchioides</i>	
	<i>Weldenia candida</i>	
ORDEN CYPERALES		
Familia Cyperaceae	<i>Carex curviculmis</i>	
	<i>Carex hermannii</i>	
	<i>Carexorizabae</i>	Sinonimo: <i>Carex volcanica</i>
	<i>Carexspilocarpa</i>	
	<i>Carex peucophila</i>	

Orden/Familia	Nombre científico
Familia Juncaceae	<i>Juncus arcticus</i> var. <i>mexicanus</i>
	<i>Luzula caricina</i>
	<i>Luzula racemosa</i>
ORDEN LILIALES	
Familia Iridaceae	<i>Sisyrinchium konzattii</i>
	<i>Sisyrinchium quadrangulatum</i>
Familia Orchidaceae	<i>Corallorhiza macrantha</i>
	<i>Corallorhiza maculata</i>
	<i>Govenia liliacea</i>
	<i>Malaxis ehrenbergii</i> var. <i>ehrenbergii</i>
	<i>Spiranthes hyemalis</i>
ORDEN POALES	
Familia Gramineae (Poaceae)	<i>Agrostis bourgaei</i>
	<i>Agrostis calderoniae</i>
	<i>Agrostis schaffneri</i>
	<i>Agrostis tolucensis</i>
	<i>Agrostis subpatens</i>
	<i>Calamagrostis orizabae</i>
	<i>Calamagrostis tolucensis</i>
	<i>Cinna poiformis</i>
	<i>Deschampsia liebmanniana</i>
	<i>Dissanthelium mathewsii</i>
	<i>Festuca amplissima</i>
	<i>Festuca hephaestophila</i>
	<i>Festuca livida</i>
	<i>Festuca orizabensis</i>
	<i>Festuca tolucensis</i>
	<i>Muhlenbergia macroura</i>
	<i>Muhlenbergia nigra</i>
	<i>Muhlenbergia orophila</i>
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>
	<i>Muhlenbergia utilis</i>
	<i>Phleum alpinum</i>
	<i>Poa annua</i>
	<i>Poa conglomerata</i>
	<i>Poa orizabensis</i>
	<i>Poa villaroelii</i>
	<i>Trisetum altijugum</i>
	<i>Trisetum spicatum</i>
	<i>Trisetum virletii</i>
	<i>Stipa ichu</i>

4. Base de datos. Presencia-Ausencia de las especies reportadas en este estudio.

FAMILIA	ESPECIE	A	B	C	D
Gentianaceae	<i>Gentiana ovatiloba</i> Kusn.	1	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Penstemon gentianoides</i> (Kunth) Poir.	1	0	0	0
Rosaceae	<i>Lachemilla vulcanica</i> (Schtdl. & Cham.) Rydb.	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill). Wedd.	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Senecio mairetianus</i> DC.	1	0	0	0
Ranunculaceae	<i>Ranunculus multicaulis</i> D. Don ex G. Don	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Robinsonecio gerberifolius</i> (Sch. Bip. ex Hemsl.) T.M. Barkley & Janovec	1	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	1	1	1	0
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché	1	0	0	0
Onagraceae	<i>Epilobium ciliatum</i> Raf.	1	0	0	0
Brassicaceae	<i>Draba nivicola</i> Rose	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) G.L. Nesom	1	0	0	0
Juncaceae	<i>Juncus aemulans</i> Liebm.	1	0	0	0
Cyperaceae	<i>Carex volcanica</i> F.J. Herm	1	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia nigra</i> Hitchc.	1	0	0	0
Poaceae	<i>Agrostis subpatens</i> Hitchc.	1	0	0	0
Juncaceae	<i>Luzula caricina</i> E. Mey.	1	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Callitriche heterophylla</i> Pursh	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i> Kunth	1	1	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus aschenbornii</i> S. Shauer	1	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia orophila</i> Swallen	1	0	0	0
Poaceae	<i>Festuca tolucensis</i> Kunth	1	1	0	0
Poaceae	<i>Calamagrostis tolucensis</i> (Kunth) Trin. ex Steud.	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Cirsium jorullense</i> (Kunth) Spreng.	1	0	0	0
Apiaceae	<i>Eryngium proteaeflorum</i> F. Delaroché	1	1	0	0
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	0	1	0	0
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	0	1	0	0
Aspleniaceae	<i>Asplenium castaneum</i> Schldl. & Cham.	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	0	1	0	0
Plantaginaceae	<i>Sibthorpia repens</i> (L.) Kuntze	0	1	0	0
Dryopteridaceae	<i>Woodsia canescens</i> (Kunze) Mett.	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene	0	1	0	0
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis lanceolata</i> (L.) Kaulf.	0	1	0	0
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. Ex Kunze) T. Moore	0	1	0	1
Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i> Kunth	0	1	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia prunelloides</i> Kunth	0	1	0	0
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	0	1	0	0
Orchidaceae	<i>Schiedeella hyemalis</i> (A. Rich. & Galeotti) Burns-Bal.	0	1	0	0

VEGETACIÓN RIBEREÑA DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA AGUA-SUELO EN EL PARQUE NACIONAL
IZTACCÍHUATL-POPCATÉPETL Y SU ZONA DE INFLUENCIA

Apiaceae	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) JM Coult. & Rose	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus splendens</i> Rose	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	0	1	1	0
Geraniaceae	<i>Geranium potentillifolium</i> DC.	0	1	0	0
Dryopteridaceae	<i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel.	0	1	0	0
Rosaceae	<i>Lachemilla procumbens</i> (Rose) Rydb.	0	1	1	0
Poaceae	<i>Festuca lugens</i> (E. Fourn.) Hitchc. ex Hern.-Xol.	0	1	0	0
Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	0	1	0	0
Poaceae	<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K. Richt.	0	1	0	0
Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i> Poir	0	1	0	0
Ericaceae	<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	0	1	0	0
Caryophyllaceae	<i>Cerastium nutans</i> Raf.	0	1	0	0
Geraniaceae	<i>Geranium seemanii</i> Peyr.	0	1	1	0
Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	0	1	0	0
Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	0	1	0	0
Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schldtl.	0	1	1	0
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	0	0	1	1
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i> L.	0	0	1	0
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.	0	0	1	0
Equisetaceae	<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>affine</i> (Engelm.) A.A. Eaton	0	0	1	0
Poaceae	<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem. & Schult.) Enlace	0	0	1	0
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i> Vahl	0	0	1	0
Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	0	0	1	0
Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	0	0	1	0
Brassicaceae	<i>Cardamine flaccida</i> Cham. & Schldtl.	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Roldana barba-johannis</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	0	0	1	0
Scrophulariaceae	<i>Buddleia cordata</i> Kunth	0	0	1	0
Brassicaceae	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	0	0	1	0
Poaceae	<i>Agrostis perennans</i> (Walter) Tuck.	0	0	1	0
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	0	0	1	1
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	0	0	1	1
Poaceae	<i>Stipa clandestina</i> Hack.	0	0	1	0
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (DC.) Anderb	0	0	0	1
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet.	0	0	0	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	0	0	0	1
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	0	0	0	1

VEGETACIÓN RIBEREÑA DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON EL SISTEMA AGUA-SUELO EN EL PARQUE NACIONAL
IZTACCÍHUATL-POPCATÉPETL Y SU ZONA DE INFLUENCIA

Iridaceae	<i>Tritonia crocosmiiflora</i> G. Nicholson	0	0	0	1
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	0	0	0	1
Solanaceae	<i>Solanum cervantesii</i> Lag.	0	0	0	1
Asclepiadaceae	<i>Metastelma angustifolium</i> Turcz.	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	0	0	0	1
Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry	0	0	0	1
Solanaceae	<i>Cestrum roseum</i> Kunth	0	0	0	1
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	0	0	0	1
Brassicaceae	<i>Descurainia virletii</i> (Fourn.) O. E. Schulz	0	0	0	1
Polypodiaceae	<i>Polypodium madrense</i> J. Sm.	0	0	0	1
Solanaceae	<i>Physalis sulphurea</i> (Fernald) Waterf.	0	0	0	1
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	0	0	0	1
Onagraceae	<i>Oenothera pubescens</i> Willd.ex Spreng.	0	0	0	1
Poaceae	<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	0	0	0	1
Poaceae	<i>Polypogon interruptus</i> Kunth	0	0	0	1
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	0	0	0	1